

محاضرة
عن
تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية
(الجغرافية والتموغرافية)

لحضرة الأستاذ

فريد بولاد بك

عضو الجمع المصرى للثقافة العلمية والجمع العلمى المصرى
وجمعية المهندسين الملكية المصرية

أقيمت بالجمع المصرى للثقافة العلمية المشمول بالرعاية الملكية

بتاريخ ٢٣ فبراير سنة ١٩٣٩

المطبعة
نطبعة دار الكتب المصرية
١٩٣٩

ESEN-CPS-BK-0000000213-ESE

00426229

مستخرجة من الكتاب السنوى التاسع للجمع المصرى للثقافة العلمية

محاضرة
عن
تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية
(الجغرافية والنموغرافية)

لحضرة الأستاذ

فريد بولاد بك

عضو الجمع المصرى للثقافة العلمية والجمع العلمى المصرى

وجمعية المهندسين الملكية المصرية

ألقيت بالجمع المصرى للثقافة العلمية المشمول بالرعاية الملكية

بتاريخ ٢٣ فبراير سنة ١٩٣٩

الباهرة
مطبعة دار الكتب المصرية

١٩٣٩

إهداء

الى حضرة صاحب المعالي محمد شفيق باشا

رئيس جمعية المهندسين الملكية المصرية

مع أسبى عبارات الشكر والتبجيل ،

فريد بولاد



العالم الفرنسي الأستاذ موريس دوكان
واضع علم التوغرافيا الحديث

تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطة (الجغرافية والتموغرافية)

محاضرة الأستاذ فريد بولاد بك

سأدق :

لا يخفى أن عمل الحساب العددي للقوانين والمعادلات المستعملة في العلوم التطبيقية والهندسية ضرورى لكثير من المشتغلين بهذه العلوم كالإيدروليكيين والكهربائيين والمجاريين والفلكيين والحريين والماليين والبحريين والمساحين والتجار وغيرها تستلزمها أعمالهم اليومية بدرجات تختلف باختلاف ونوع مهنتهم وبنوع خاص للهندسين والحاسبين .

ومن المعلوم أن مقادير الكميات التى تدخل في الحساب العددي للقوانين والمعادلات مبنية بأعداد رقمية دالة عليها بالنسبة الى وحدات المقاييس المقابلة لها . إن الغرض من حل مسألة حسابية أو جبرية عديدة ذات مجهول هو تعيين أو إيجاد مقدار ذلك المجهول بمعرفة كميات أخرى مقاديرها الرقمية مرتبطة بالمجهول في المعادلة .

ويقال إن الحاسب حل مسألة رياضية عديدة متى وضع المعادلة الخاصة بجلها وأبدل كل رمز عن كل كمية معلومة في المعادلة بما يقابلها بالعدد الرقى ويحصل بعد إجراء العمليات على جواب المسألة أعنى على مقدار المجهول .

ولا يخفى أن عمليات الحسابات العددية قد تكون طويلة غالبا ومملة دائما ولو سهلت كمليات الضرب والقسمة والرفع الى قوى صحيحة واستخراج جذور تربيعية وتكعيبية ولوغاريتمات وخلافها مما يضيع في إجرائها كثير من الزمن واحتمال وقوع أخطاء في نتيجة الحسابات فان الذين يقومون بإجراء هذه العمليات ولا سيما

حل المعادلات الجبرية العددية يسمون من إجراء عملياتها ويودون الوصول الى نتائجها بطريقة سهلة وسريعة ولتذليل هذه الصعوبات ابتكر علماء الهندسة والميكانيكا أساليب وطرقا مختلفة للوصول الى ذلك نذكر منها الآتية :

(أولا) طريقة الحساب بالجداول الرقمية (Barèmes) التي تستعمل لمدخل واحد أو مدخلين ، بجداول مربعات الأعداد وجذورها ولوغاريتماتها وغيرها لمدخل واحد يقال لها جداول بسيطة ، و بجداول الضرب والقسمة والأرباع وغيرها لمدخلين ويقال لها جداول مزدوجة تستعمل لحل المعادلات ذات ثلاثة متغيرات^(١) : اثنان معلومان والثالث مجهول ، وكل جدول يعطى مقدار المجهول بمعلومية مقدارى المتغيرين المرتبطين به فى المعادلة أو القانون وهو يشتمل على عمود على اليمين مبين به على التوالى مقادير أحد المعلومين ، وعلى يساره أعمدة مبين برؤوسها مقادير تصاعديّة منتظمة للمعلوم الثانى ويستخرج مقدار المجهول من تقاطع عمود المعلوم الثانى مع أفقى المعلوم الأول .

يتكبد واضعو هذه الجداول مشقة عظيمة فى تأسيسها ويلزم فى استعمالها إجراء عملية الاستكمال (Interpolation) ، أعنى تقدير رقم ينحصر مقداره بين رقمين متوالين فى الجدول .

(ثانيا) طريقة الحساب بالآلات الميكانيكية والكهربائية — هذه الآلات غالبا غالبية الثمن وغير ميسور لكل شخص اقتناؤها وهى تعطى نتائج صحيحة بالضبط والدقة .

(ثالثا) طريقة الحساب بالمساطر الحسابية التى لا تستعمل غالبا إلا لاجراء العمليات الأساسية ، كالضرب والقسمة واستخراج الجذور وغيرها وهى تعطى نتائج تقريبية .

(١) كل كمية تأخذ مقادير تختلف بكيفية مستمرة أو غير مستمرة فى مسألة يقال لها متغير .

(رابعاً) الطريقة الجرافيكية التي هي عبارة عن حل المعادلات الرقمية بواسطة رسم خطوط هندسية دالة على مقادير المتغيرات في المعادلة يمكن قياسها بالنسبة الى وحدة المقاس المتفق عليه لكل نوع من هذه الخطوط ويتحصل من هذا الرسم على مقادير مجهولات المعادلة حسب وحدة المقاييس المقابلة لها ويلزم تصميم رسم لحل كل معادلة معلومة كما هو متبع في علم الاستاتيكا الجرافيكية .

(خامساً) الطريقة النموغرافية — وهي عبارة عن حل المعادلات والقوانين بواسطة جداول تخطيطية أو أشكال هندسية رقمية معروفة بالاباكات والنموغرامات يمكن بواسطتها معرفة نتيجة الحساب بقراءة الأرقام المبينة عليها بسهولة تامة وفي أقرب وقت وكل واحد من الاباكات يبين أو يمثل معادلة ذات عدد من المتغيرات ويرسم مرة واحدة لاستعماله دائماً لحل المعادلة التي يمثلها مهما كانت مقادير المعالم المبينة في حدود الاباك .

هكذا وبدون إنكار ما للآلات والعدد الحسابية من الأهمية والفائدة في إجراء العمليات العددية وحل المسائل الرياضية فقد ثبت بأن الطرق الجرافيكية والنموغرافية هي أكثر الوسائل استعمالاً وأعمها لإجراء تلك العمليات فقد يستعين بها أرباب الصنائع والفنون من المهندسين وغيرهم على الأعمال الحسابية دون إجراء عمليات مطوّلة مملة وتوفر لهم الوقت والتكاليف .

إن جميع الطرق التخطيطية والميكانيكية التي تستعمل لتبسيط إجراء الحسابات العددية اللازمة للفروع المتنوعة من العلوم الفنية والهندسية هي مشتقة من العلوم الهندسية والميكانيكية .

ويرجع الفضل في ترتيب جميع هذه الطرق وحصرها وتقسيمها الى أبواب متناسبة عن بعضها الى العالم الفرنسي المحقق المأسوف عليه موديس دوكانى واضع علم النموغرافيا وعضو أكاديمية العلوم بباريس وصاحب المؤلفات العديدة في العلوم بباريس وصاحب المؤلفات العديدة في العلوم الهندسية والطرق والأساليب الحسابية

السابق ذكرها، فانه رتب جميع هذه الطرق كما يلي في خمسة أبواب، وقدم تعريفها وأوضحها لأول مرة في رسالته التي قدمها الى الأكاديمية المذكورة في سنة ١٩٢٦ مبنية كالاتي :

الباب الأول - الحساب الميكانيكي والكهربائي

أى الحساب بواسطة الآلات المخصصة لاجراء الأربع قواعد الأساسية للحساب وهي الجمع والطرح والضرب والقسمة . وتنقسم هذه الآلات الى الأربعة أقسام التالية :

القسم الأول - آلات مخصصة لاجراء عملية الجمع

وعملية الطرح بالجمع بالتكرار

وهذه الآلات على النوعين التاليين :

النوع الأول - آلات ميكانيكية - منها ما هو من صنع (Burroughs)

أمريكانية مبنية (بالشكل ١) وهي كآلة مشابهة لها من صنع (Comptometer de Felt) مركبة من جدول ذات أزرار (touches) مستديرة بها تسعة أعمدة رأسية كل منها يشتمل على تسعة أزرار على كل زر منها مابين رقمين الأرقام اليمنى مرتبة لكل عمود من ١ الى ٩ وتبتدى من أسفل الى أعلى والرقم الأيسر على كل زر هو المتمم الحسابي للرقم الموجود على يمينه أعني مجموع الرقمين يساوى ٩^(١) ، ولكل رتبة من الوحدات

(١) المتمم الحسابي لأى عدد ح هو العدد م الذى يجب اضافته اليه ليحصل منه على مجموع يساوى واحد متبوعاً بأصفار من اليمين عددها ن بقدر أرقام العدد ح فيكون قانون المتمم الحسابي $10 = م - ح$ وإذا رمزنا بالحرف ف الى الباقي أو الفرق بين المطروح ب والمطروح منه ح يكون قانون الفرق ف بالجمع معبر كالاتي :

$$ف = ب - ح = ب + (١٠ - ح) = ١٠ - م + ب = ١٠ - م + ٦٥٤٢ + ١٠$$

$$\text{مثال} + ٦٥٤٢ \text{ المطروح ب} + ١٠٠٠٠ = ١٠ + ٦٥٤٢ + ٢ = ٢٩٢١ \text{ المطروح منه ح} - ٢٩٢١ = ٦٠٧٩ + ٢ = ٦٠٨١ \text{ المتمم الحسابي م} + ١٢٦٢١ = ١٢٦٢١ + ٢٦٢١ = ١٥٢٤٢ \text{ الفرق والباقي}$$

العشرية يقابلها عمود في الأزرار الرقمية ، و يوجد أسفل الآلة المسجل الاجمالى لحاصل الجمع أو الطرح أو الضرب أو خارج القسمة ، وفي داخل كل خانة من هذا المسجل توجد مجلدة أسطوانية (طنبور) مرقمة من ٠ الى ٩ على سطحها .

لتسجيل الأعداد في خانات المسجل يكفى الضغط على الأزرار المكونة لأرقام كل عدد كالضغط على أصابع البيانو . ويشترط لتسجيل الرقم المبين على الزر أن يضغط على الزر الى نهايته ، وبعد تسجيل الرقم يعود الزر الى وضعه الأصلي بتأثير زنبلك مثبت تحت ساق الزر داخل الآلة فيالضغط على الزر المرقم (٧) للعمود الثالث مثلاً يسجل هذا الرقم في الخانة الثالثة للمسجل الاجمالى اذا كان في نفس الخانة أصفار قبل هذا التسجيل وقد تنفذ عليه الطرح بواسطة إضافة المطروح الى المتتم الحسابى للمطروح منه . ويمكن استعمال هذه الآلة لعمليقى الضرب والقسمة بواسطة الجمع المتكرر .

ويجب في عمليتى الطرح والقسمة أن يكون مجموع المتتم الحسابى لرقم الوحدة مع هذا الرقم يساوى عشرة وأن تتبع أرقام المتتم الحسابى من اليسار بتسعات ، وفي عملية القسمة أن يتدئ رقم اليسار فى المتتم الحسابى للقسوم عليه من العمود الثانى من اليسار متبوعا بتسعات هذا . ومحور الأرقام في خانات المسجل أى جعلها أصفار يستعمل الذراع الموجود على يمين الآلة بإدارته نحو الحاسب . ويوجد من صنع هذه الآلات آلة تعطى حاصل الضرب لغاية ١٤ رقما ، وإذا كان الحاسب متدربا على استعمال هذه الآلة يمكنه إجراء العمليات بسرعة باستعمال أصابع يديه الاثنين بالضغط على الأزرار كالضرب على أصابع البيانو والنتيجة التى يحصل عليها متوقفة على سرعة وخفة وممارسة أصابع العامل .

النوع الثانى — آلات الكهربية — منها من صنع يروس . وقد أدخل تحسين على الآلة الميكانيكية المسطرة أعلاه باستبدال الذراع بزر كهربائى مستطيل على يمين الآلة (شكل ٢) يتصل هو والأزرار الموقفة بمحرك كهربائى مركب

داخل الآلة وتسجيل أرقام الأعداد مباشرة في خانات المسجل يكفى ضغط خفيف على الأزرار المرقمة لكي يحدث التسجيل كهربائياً ونحو الأرقام في المسجل يكفى أيضاً الضغط على الزر المستطيل المذكور .

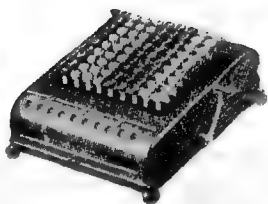
هذه الآلة خفيفة ولها ميزة على الآلات الميكانيكية السابقة بأنها أسرع منها في الاستعمال ويتأكد منها تسجيل رقم زر في المسجل بمجرد ضغط خفيف عليه بخلاف ما في الآلة الميكانيكية فإنه إذا لم يفوس الزر إلى نهايته فإنه يسجل رقم أقل من الرقم الصحيح المبين على الزر .

وقد توجد أيضاً آلة كهربائية مبينة (بشكل ٣) من صنع يروس أحسن وأتم من السابق شرحها وهي تشتمل على مسجلين : مسجل أول في أسفل الجدول المكون من الأزرار المرقمة ، ومسجل إجمالى في الجزء الأسطوانى في أعلى الآلة وعمود من ثلاثة أزرار كهربائية على يمين الجدول لأجراء العمليات ونحو أرقام الأزرار . فإذا ضغط على الأزرار المرقمة تسجل الأرقام أولاً في المسجل الأول ، ثم بالضبط على الزر الكهربائى الوسط تنتقل هذه الأرقام إلى المسجل الإجمالى لنضاف إلى الأرقام الظاهرة في خاناته وتمحى أرقام المسجل الأول . وقد يستعمل الزر الكهربائى العلوى لنحو أرقام المسجل الإجمالى والسفلى لنحو أرقام المسجلين وهذه الآلة لها ميزة على الآلة السابقة لأنها تسمح لمراجعة الأرقام في المسجل الأول .

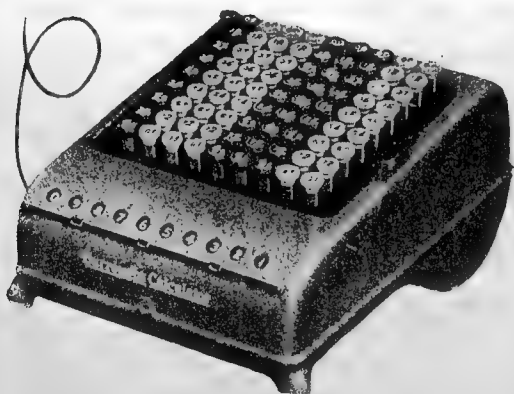
كيفية تشغيل هذه الآلات الميكانيكية والكهربائية : قد ذكرنا فيما سبق أن الآلة الميكانيكية مركبة من جدول به تسعة أعمدة يشتمل كل منها على تسعة أزرار . وحيث إن هذه الأعمدة مشابهة لبعضها من جهة الحركة فيكفى أن نشرح حركة واحدة منها أياً كانت ولذلك نقول أنه يوجد داخل خانات المسجل الإجمالى طنابير أو عجل أسطوانى مرقم مطبوع على سطح كل طنبور



(شکل ۲)



(شکل ۱)



(شکل ۲)

أرقام مبنية بالنوالى من صفر الى تسعة . وجميع هذه الطناير لا تستطيع أن تدور إلا فى اتجاه واحد وكلما زاد طنبور (ط) شكل (٤) داخل خانة يظهر رقم واحد من أرقامه . ويوجد كما ذكرنا فى المستوى الرأسى لكل طنبور عمود من الجدول به تسعة أزرار ذات وقين كل زر منها مثبت على ساق رأسى مركزي نقطة من رافعة (ر) متحركة حول المحور (م) موجود فى أحد طرفيها وحاملة فى الطرف الآخر قوس مسنن (ن) يحرك الطنبور بواسطة تعشيقية مكونة من ترس (ت) وعجلة مسننة (س) مثبتة على محور هذا الترس .

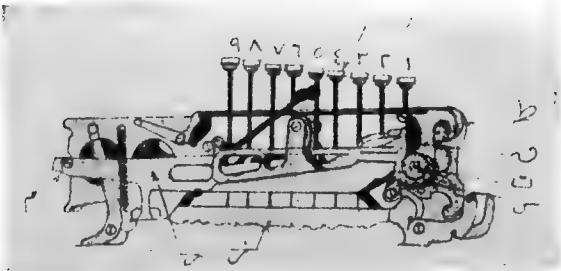
هذا ومتى ضغط على أى زر (ز) مثلاً ننخفض الرافعة (ر) وتدور حول المحور (م) . وفى آن واحد ساق هذا الزر المرتكز على الرافعة يضغط على زمبلك (ن) مثبت تحت الرافعة وحالما يوقف الضغط على الزر يرجع الى وضعه الأصيل مباشرة بواسطة تأثير الزمبلك . أما التعشيقية المحركة للطنبور فانها لا تتحرك إلا أثناء رجوع الساق الى وضعه الأصيل فتدور فى هذه الحالة العجلة المسننة (س) بقدر من الأسنان يساوى عدد الأسنان التى يدور بها القوس المسنن (ن) . أعنى مقدار رقم الزر (ز) الذى ضغط عليه فى الأصل ، وتنقل حركة هذا القوس الى الطنبور بواسطة التعشيقية المذكورة ، ويتناسب مقدار تحرك هذا القوس تناسباً عكسياً مع بعد الزر من محور دوران الرافعة .

وقد نلاحظ أن هذه الأدلة منظمة بكيفية أن الطنبور يدور بعدد من الأسنان أو أقسام تساوى للرقم المبين على الزر المضغوط عليه وكلما دار الطنبور لفة كاملة . أعنى مقدار عشرة أقسام يدور الطنبور التالى له من اليسار بقدر سن واحد . أعنى بقسم واحد أو عشر اللثة الواحدة . هذا هو جهاز إضافة واحد من الرتبة العشرية المقابلة للطنبور الى الرقم المبين على الطنبور التالى .

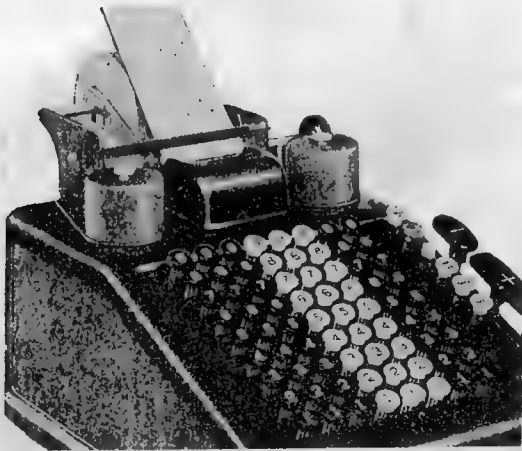
القسم الثانى - آلات ميكانيكية وكهربائية لإجراء عملية الجمع والطرح وطبع الأعداد ومجموعها وبقاياها بالتوالى وهذه الآلات على الأربعة أنواع التالية :

النوع الأول - آلات من صنع بيروس مبينة (بالشكل ٥) - وهى آلة كهربائية مركبة من جدول به أعمدة من أزرار مستديرة ذات رقم واحد . ويوجد على يمين هذا الجدول عمود من خمسة أزرار بيضاء مبين عليها علامات لاجراء العمليات وعلى يمين هذا العمود فى الخارج يوجد زتان مستطيلان كهربائيان مبين على أحدهما علامة + وعلى الآخر علامة - وفى أعلى الآلة توجد أسطوانة ملفوف عليها شريط من الورق تطبع عليه الأعداد ومجموعها وبقاياها ، فإذا أريد طبع عدد على الشريط يكفى ضغط بسيط على الأزرار المكونة لأرقام العدد ثم يضغط على الزر المستطيل بعلامة (+) أو (-) حسب ما تكون العملية جمع أو طرح . فتطبق الأعداد بالتوالى وفى آن واحد تعود الأزرار لوضعها الأصلى ويوجد فى أسفل عمود الأزرار البيضاء زر مبين عليه error يستعمل بالضغط عليه لى تعود الأزرار المرقمة لوضعها الأصلى قبل طبعها على الشريط فى حالة ما يشاهد وقوع خطأ فى أرقام الأزرار التى ضغط عليها . ويستعمل هذا الزر قبل تدوين الأعداد على الشريط ولى هذا الزر فوق زر مبين عليه repeat لتسجيل عدد وتكراره مرارا ثم يليه زر فوقه مبين عليه (non add) لتسجيل عدد بدون إدخاله فى الجمع وفوقه زر (add) لتسجيل مجموع الأعداد فقط ثم زر فى الرأس مبين عليه (S) لمجموع الأعداد وفصل العمليات . وقد توجد آلات أيضا من هذا النوع ميكانيكية من صنع بيروس وورمنجتون .

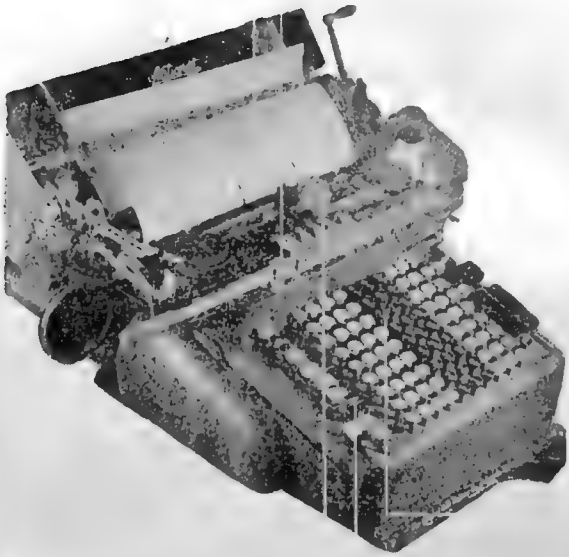
وبالاختصار هذه الآلة تسجل بالكتابة الأعداد كما تسجل آلة الكتابة الكلمات بطبعها أى بكتابتها . ويوجد نماذج كثيرة من هذه الآلات .



(شکل ۴)



(شکل ۵)



(شکل ۶)

وهذه الآلات والآلات المحاسبة لها ميزة على الآلات السابقة هي أنها تسمح لمراجعة الحساب على الأعداد المطبوعة على الشريط وتعيين وقوع الأخطاء بخلاف الآلات السابقة هي أنها تسمح لمراجعة الحساب على الأعداد المطبوعة على الشريط وتعيين وقوع الأخطاء بخلاف الآلات السابقة فإنه لا يمكن منها التحقق من الخطأ الذي يحدث في تدوين الأرقام في المسجل الاجمالي فيها في حالة جمع الأعداد .

النوع الثاني - آلات المحاسبة - توجد أنواع كثيرة من هذه الآلات تستعمل في مكاتب الحسابات والشركات التجارية والبنوك والمصانع . ومن هذه الآلات آلة من صنع ناسيونال (بشكل ٦) حديثة في غاية الاتقان تستعمل لعمليات المحاسبة . أعني في الطبع على الفواتير وعلى كشف أو قائمة حساب أعمال الحسابات الجارية للأفراد مبين في الكشف عمليات له (Credit) ومن (Débit) . والباقي والرصيد والمصروفات والدفعات الفورية والأقساط ومجموع وباقي العمليات بإجراء عمليتي الجمع والطرح وخلافه .

هذه الآلات مركبة من جدول به أعمدة من أزرار ذات رقم وعلى يسار هذا الجدول عمود أفقي من الأزرار لإجراء العمليات وطبع الأعداد ومجموعها وباقيها على كشف أو قائمة حساب ملفوفة على أسطوانة مثبتة على نقالة متحركة في أعلى الآلة . وهالك وصف هذه العمليات التي تنفذها أزرار العمود المذكور ابتداء من أسفل إلى أعلى بالضبط عليها . الزر الأول (error) ينفذ كما ذكر سابقا في آلة بيروس ويليهِ أزرار منمرة (٤ و ٣ و ٢) تستعمل لجمع العمليات منفصلة عن بعضها في الأعمدة المنمرة بهذه الغرض في الكشف ، وعلى يسار هذه الأزرار زرّان : الأول ممر (٥) مبين عليه علامة (S-T) لعمليات الطرح بعد الجمع والمتجمع بالتوالي وعلى يمين الآلة عمود ممر (١٠) للرصيد وزرّ مستطيل بعلامة (TAB) لتحريك النقالة للحسابات الراسية وزرّ مستطيل للحركة الأفقية وزرّ ممر (١٣) لتوزيع الأعمدة وزرّان (١٥ و ١٦) لرجوع النقالة .

النوع الثالث — آلات المحاسبة والكتابة : من صنع ناسيونال وهى آلة محاسبة مقرونة بآلة كتابة .

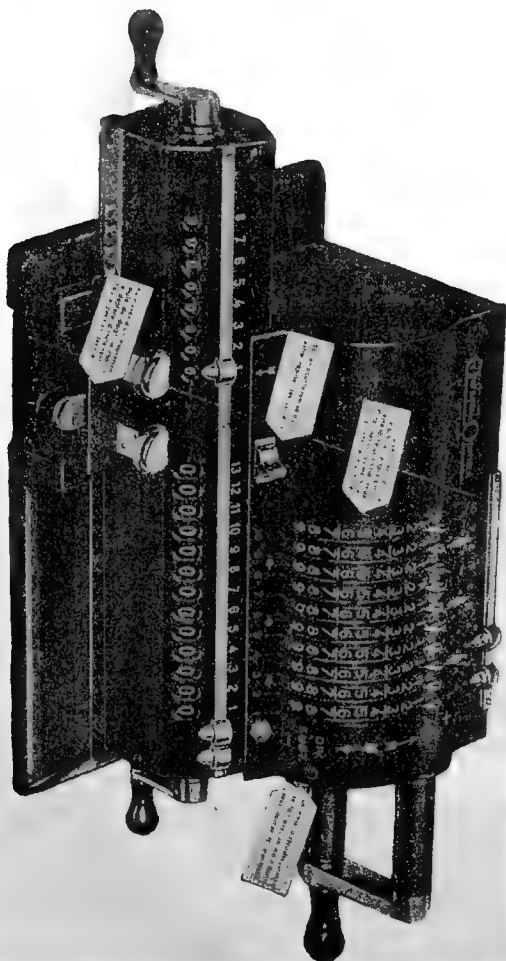
النوع الرابع — آلات الصندوق : تستعمل فى المحلات التجارية والقهواى والمستشفيات وغيرها لقيء الوارد وجمعه وتسجيله على أقسام مختلفة عديدة وطبعة على شريط من ورق للراجعة ولصرف التذاكر للشترى وخلافه . والآلات الموجودة فى مصر حديثة من صنع ناسيونال .

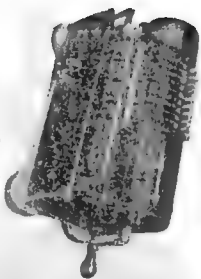
القسم الثالث — آلات لإجراء عمليات الضرب والقسمة بتكرار الجمع والطرح

وتوجد الأربعة أنواع التالية من هذه الآلات :

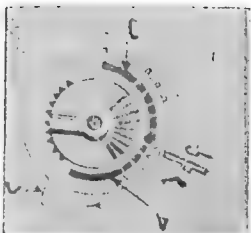
النوع الأول — آلات ميكانيكية ذات مجار ويد — لإجراء العمليات المذكورة أعلاه : من صنع أودنر السويدية . الأولى مبنية (بالشكل ٧) وهى كالألة المشابهة لها من صنع شاتو الفرنسية وفاسيت السويدية . مركبة من جزء علوى أسطوانى به عشرة مجارى كل مجرى مرققة من صفر إلى ٩ من أعلى إلى أسفل . ويوجد على السطح الخارجى لكل مجرى ذراع صغير للتحريك باليد ليشر بمجوارها على الرقم من المجرى وتوجد فى أسفل الآلة نقالة متحركة بمفتاح فى وسطها . ويوجد فى الجزء الأيمن من هذه النقالة مسجل إجمالى به عشرة خانات لتسجيل أرقام حاصل الجمع والطرح والضرب والمقسوم عليه . ويوجد بالجزء الأيسر للنقالة عتاد به ثمانية خانات لتسجيل أرقام المضروب فيه وخارج القسمة وتسجيل الأرقام فى المسجل الإجمالى والعتاد بواسطة إدارة اليد الموجودة على اليمين الأسطوانى فى اتجاه عقرب الساعة لعملية الجمع والضرب وفى اتجاه عكسى لعملية الطرح والقسمة وعلى يمين الآلة يد لمحو الأرقام فى المسجل الإجمالى بتدويرها ، وعلى اليسار يد لمحو الأرقام فى العتاد وقد تستعمل أيضا هذه الآلات لاستخراج الجذور التربيعى

(ننگی ۷)

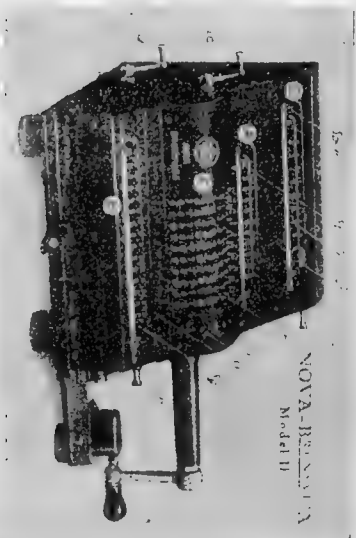




(نسخه ۸)



(نسخه ۹)



(نسخه ۷)

للأعداد ٠ ويوجد آلة كبيرة تعطى حاصل الضرب لغاية ٢٢ رقم وخارج القسمة لغاية ١١ رقماً .

وقد توجد آلات كثيرة حديثة ذات مجارى مشابهة لآلة أودرز إنما أحسن منها وهى سبعة الألمانية من صنع برنسفيجا مبينة (بشكل ٧) ، ووهمان وليبسيا ووالتر وهانوفر و تاليز وتريمفاتور وواحدة تشيكوسلافية من صنع ميرو . وإنجليزية من صنع بريتانىك وأمريكانية من صنع مارشان مبينة (بشكل ٨) وجميع هذه الآلات تشتمل زيادة على آلة أودرز على مسجل أول موجود فى أعلى الجزء الأسطوانى يسمح لمراجعة الأرقام المبينة بجوار الأذرة الصغيرة على السطح الأسطوانى ورافعة أفقية أو يد لرجوع هذه الأذرة إلى وضعها الأصل .

وقد توجد أيضا آلة ذات مجارى كهربائية ألمانية من صنع ترينفاتور .

كيفية تشغيل الآلات السابقة ذات المجارى : توجد داخل كل مجرى من الجزء الأسطوانى لجميع الآلات السابقة الذكر ذات المجارى خلاف آلة مارشان عجلة مبينة (بالشكل ٩) تشتمل على قرص مركب على محيطه تاج بينه وبين هذا القرص يوجد مجران مستديران (ب، ح) يتحرك فيهما بانزلاق الجزء العرضى (م) لكل من التسعة أسنان المشعة من مركز القرص موضوعة بكيفية أنه عند تحريك الذراع الصغير (ذ) باليد فى اتجاه السهم ليشير بجواره على الرقم فى السطح الأسطوانى تبرز من المجرى المستدير (ب) عدد من الأسنان بقدر هذا الرقم فى الشكل مبينة الأسنان البارزة من ١ الى ٥ والأسنان الأخرى من ٦ الى ٩ وموجودة داخل المجرى المستدير (ح) حسب ادارة الذراع فى اتجاه السهم أو اتجاه عكسى يدور التاج حول القرص وتبرز أو تدخل رؤوس الأسنان بانزلاق الجزء العرضى (م) لكل سن فى المجرى المستديرين (ب، ح) والأسنان البارزة تتعشق بترس ويظهر الرقم فى خانة المسجل الأول وعند ادارة اليد الموجودة على يمين الآلة باتجاه عقرب

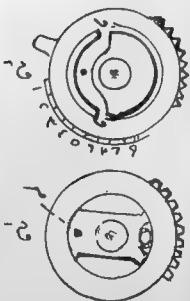
الساعة تنتقل حركة الأسنان البارزة بواسطة تعشيقية الى الطنبور في خانة المسجل الاجمالى فيظهر الرقم في هذه الخانة .

هذا أما في آلة مارشان فانه يوجد داخل كل مجرى في الجزء الأسطوانى عجلة اكستريكية مبينة (بالشكل ٩) مركبة من قرصين : الأول (١) وهو مكون من قطعة مثبتة في وسطها مسمار صغير (٢) وعلى جزء من محيطها تسعة أسنان والقرص الثانى (٣) يشتمل على مجرى (و) بشكل قوس يتحرك فيها المسمار الصغير (٢) وعلى تاج مرقم من ١ الى ٩ وعلى الذراع الصغير المشير بجواره على الرقم من المجرى فمعد وضع هذا الذراع بجوار الرقم يتحرك اكستريكا القرص (١) بانزلاق المسمار (٢) فى المجرى (و) فى القرص (٣) وتأخذ التسعة أسنان وضع بحيث أن عدد من هذه الأسنان بقدر الرقم تُتعشق فقط مع ترس صغير مثبت على الطنبور فى خانات المسجل الاجمالى وبإدارة اليد الموجودة على يمين الآلة تنتقل عدد هذه الأسنان حركتها الى الطنبور ويظهر الرقم .

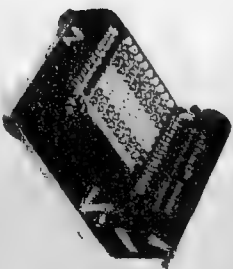
النوع الثانى - آلة ميكانيكية من صنع (Facit) مبينة فى (شكل ١٠) تستعمل لأجراء العمليات المذكورة أعلاه بالتوالى ، يوجد فى الجزء الأسفل أزرار يحمل كل منها رقما واحدا ، وفى وسط الآلة يوجد على اليسار فى الداخل نقالة متحركة مبين عليها عيون المسجل الأول ليدون فيه الأعداد بالضغط على الأزرار السفلى المرقمة . وبإدارة اليد الموجودة على يمين الآلة فى اتجاه عقرب الساعة تنتقل الأرقام من المسجل الأول الى المسجل الاجمالى الموجود فى الجزء العلوى على اليسار الذى يسجل حاصل الجمع والطرح والضرب وعلى نفس هذا الجزء يوجد على اليمين عداد لتسجيل المضروب فيه وخارج القسممة والأزرار السفلى المرقمة محصورة بين زر أحمر على اليمين لعملية القسممة اذا ضغط عليه تتحرك النقالة لنهايتها الى اليسار لتسجيل فيها أرقام المقسوم عليه وزرّين على اليسار مبين بهما اتجاهين بالسهمين → ← بالضغط على كل منهما تتحرك النقالة بمقدار مسافة رقم واحد بالتوالى الى الاتجاه المبين



(نسل ۱۰)



(نسل ۲۹)



(نسل ۱۱)

بالمهم المضغوط عليه ، ويستعمل أحد هذين الزرين عند إجراء عملية الضرب والآخر عند إجراء عملية القسمة . ويوجد أيضا على يمين الآلة ذراعان صغيران بتحريك أحدهما حسب اتجاه السهم ← لمحو أرقام العداد والآخر حسب → لمحو أرقام المسجل الأول .

النوع الثالث — آلات ميكانيكية ذات أزرار مرققة رقم واحد ويدين وأزرار حمراء بدون أرقام — لأجراء العمليات ، من صنع مارشان مبينة (بالشكل ١١) وهى كالألة المشابهة لها من صنع مونوريه تتركب من جدول به تسعة أعمدة من أزرار على كل زر منها رقم واحد، ويوجد على الجزء الأسطواني أعلى الآلة فى جهة اليسار المسجل الأول لتسجيل أرقام أزرار الجدول بالضغط عليها وبعد ذلك تعود دفعة واحدة جميع هذه الأزرار بالضغط على الزر الأحمر الموجود على اليمين فى أسفل الجدول وموجود فى أسفل كل عمود زر أحمر بالضغط عليه عاد الزر المرقم الفاطس بنفس العمود الى وضعه الأصلي للراجعة . ويوجد على يمين المسجل الأول عداد لتسجيل المضروب وخارج القسمة وبين الجدول والجزء العلوى الأسطوانى توجد ثقالة مبينة بها خانات المسجل الاجمالى لتسجيل حاصل الجمع والطرح والضرب بإدارة يد موجودة على يمين الجدول فى اتجاه عقرب الساعة وإدارة هذه اليد باتجاه عكسى لتسجيل عمليتى الضرب والقسمة وتتحرك هذه الثقالة لعمليتى الضرب والقسمة بإدارة يد صغيرة فى أسفل الجدول وموجود على يمين الأسطوانة يد بإدارتها فى اتجاه عقرب الساعة لمحو أرقام العداد وبالعكس لمحو أرقام المسجل الاجمالى .

النوع الرابع — آلة كهربائية أوتوماتيكية بحتة أعنى متحركة ذاتيا تماما — لأجراء الأربع عمليات السالفة مباشرة . ومن هذه الآلات آلة ذات أزرار مرققة وأزرار لأجراء العمليات كهربائيا آلة من صنع مارشان مبينة (بالشكل ١٢)

كآلة مشابهة لها من صنع مداس سويدية مركبة من جدول به عشرة أعمدة من أزرار مستديرة مرقمة كل عمود منها من واحد الى تسعة من أسفل الى أعلى ، وفى مستوى هذا الجدول توجد فوق الأزرار خانات المسجل الأول وتوجد نقالة متحركة فى أعلى الآلة بصفين من خانات تشتمل خانات العداد فى أعلى لتسجيل المضروب فيه وخارج القسمة . ويوجد تحت هذا العداد المسجل الإجمالى ذو عشرة خانات لتسجيل حاصل الجمع والطرح والضرب وهذه النقالة تتحرك بالضغط على زر مستطيل كهربائيا بالاتجاهين \rightarrow و \leftarrow ويوجد فى مستوى الجدول أزرار كهربائية مبن عليها العلامات $+$ ، $-$ ، \times ، \div بالضغط عليها بالتناظر لاجراء عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة . وتوجد أزرار حمر بدون أرقام فى أسفل الجدول بالضغط عليها تعود الأزرار المرقمة الى وضعها الأصلى وفى آن واحد تسجل فى المسجل الأول الأعداد . ولاجراء عملية الضرب يكفى بعد تسجيل المضروب فى المسجل الأول أن تضغط بالتوالى على أزرار العمود الموجود على اليمين المرقمة بأرقام المضروب فيه .

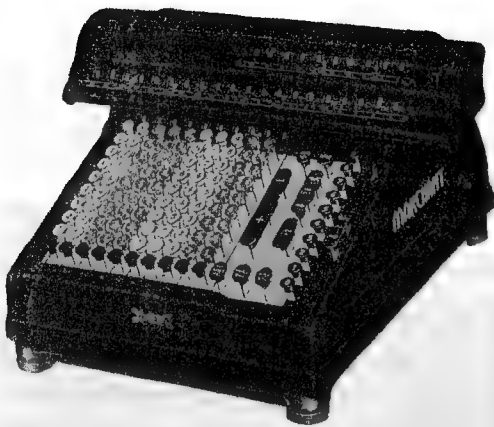
القسم الرابع - آلات مركبة

توجد أيضا آلات ميكانيكية لحساب التفاضل وغيرها تسمى آلات مركبة من النوع المؤسس على أعضاء الحركة التى تقوم بها الآلات السابقة بالتروس المعشقة والزبيلكات والكلمات والسقاطات وغيرها .

ملحوظة : إن جميع الآلات المسطرة أعلاه تعطى نتائج العمليات بالدقة والضغط .

الباب الثانى - الحساب الجرافيكى (Le Calcul par le trait)

السابق ذكره أى الحساب والجبر برسم خطوط ، وهو يشمل على علم الاستاتيكا الجبريكية والخل الجرافيكى للعدالات الجبرية الرقمية والتفاضلية ورسم المنحنيات البيانية للتكامل وغيرها .



(نمبر ۱۲)

الباب الثالث - الحساب الجرافوميكانيكي

الذى يشمل الحساب بواسطة أجهزة ميكانيكية تسمى (Intégrateurs) تستعمل على أساس رسم جرافيكي يدل على معالم المسألة المراد حلها وتنقسم الى نوعين :

النوع الأول - الأجهزة المسماة (Intégromètres) لقياس الدوال أعنى تعيين التكامل مثل البلاينترات لتقدير السطح المنحصر في حدود خط منحنى مستوى مقبول وتعين العزم الاستاتيكية من رتب متنوعة بالنسبة لمحور في مستوى المنحنى وبالأخص من الرتبة الأولى لايجاد مركز ثقل سطح من الرتبة الثانية لتعين عزم القصور الذاتي وكذلك لحساب التكامل المحدد أعنى لتسجيل الدوال جرافيكاً.

النوع الثاني - الأجهزة المسماة (Intégraphes) لرسم المنحنى البياني لتكامل معادلة تفاضلية . وبالاختصار تتحصر جميع هذه الآلات ما بين النوع الأول لقياس الدوال والنوع الثاني لتسجيل الدوال بالرسم .

الباب الرابع - الحساب النوغرافيكى

أى علم النوغرافيا^(١) ، هذا الاصطلاح اتخذته العالم دوكانى عند وضعه علم النوغرافيا وهو مركب من الكلمة اليونانية νομος التي تلفظ "نوموس" معناها ناموس (loi) ، أو قانون أو معادلة . وكلمة (graph) أعنى رسم وعلى ذلك معنى النوغرافيا جدول بياني لتمثيل بالرسم ناموس أو معادلة على مستو وهذا العلم يبحث في نظرية وإنشاء الأباقات لحل المسائل الرياضية الرقمية الموضوعة في قوالب قوانين ومعادلات بواسطة قراءة بسيطة لأرقام تقاسيم المقاييس المكونة منها الأباقات المثلة لهذه المعادلات وتنشئ مرة واحدة لاستعمالها دائماً .

(١) سبق نشرت في مجلة المقتطف سنة ١٩٠٨ فصل سهل المأخذ في علم النوغرافيا وكذلك نشرت في مجلة الهندسة سنة ١٩٢٢ مقالة تاريخية عن هذا العلم .

الباب الخامس — الحساب الفئوميكانيكي

أى الحساب بواسطة المساطر والعدد الحسابية واللوغاريتمية المستقيمة والمستديرة والأسطوانية والحزونية ذات الدليل^(١)، والآلات المستعملة لحل المعادلات الجبرية الرقمية مهما كانت درجتها وحل المعادلات التفاضلية وغيرها .

لا يخفى أن حدود الدقة فى الحسابات لكل من الآلات السابق ذكرها يتوقف غالبا على أعضاء تركيبها ويمكن الحصول بالآلات الحسابية الحالية على ١٠ لغاية ٢٢ من الأرقام المعنوية إلا أننا لا نتجاوز لثلاثة أرقام عند استعمال المساطر الحسابية التى طولها ٢٥ سنتيمترا ومع ذلك المهندس يقتنع لو حصل بالطريقة الجرافيكية على ثلاثة أرقام معنوية تكفيه غالبا فى عمله . ولذا أخذت هذه الطريقة فى الانتشار كثيرا من عدة سنين لأنها أسرع وأسهل وأوضح بإبرائها من الحسابات الرقمية التى يقوم بها المهندس فى أعماله الحسابية المعتادة .

هذه الطرق الجرافيكية والفئوميكانيكية لا يمكن أن تقارن مطلقا بما يلاقه الإنسان من التعب فى حل المسائل الرياضية الرقمية حسابيا ومع ذلك كما ذكرناه فإن الدرجة التقريبية التى يحصل عليها بتلك الطرق الأخيرة تفى غالبا بما يحتاج اليه طائفة المهندسين والفنيين . وبناء عليه فإن الطرق التخطيطية أسهل من الحساب الرقمية لأن النظر يقوم فيها مقام الجهد العقلى لاجراء الحساب الرقمية وفى الحقيقة هذه الطرق تنقسم على وجه العموم الى القسمين المختلفين السابق ذكرهما :

(أحدهما) الحساب الجرافيكى، أى الحساب برسم خطوط هندسية، أى عمليات تخطيطية متنوعة تعين برسوم مكونة من أطوال جزئية (vecteurs)، ومعاملات زاوية أى مقدار ميل هذه الخطوط يدل على معالم وبجاهل موقعة بمقياس لكل نوع من هذه الخطوط بالنسبة الى وحدة الطول المتفق عليه يقال لها : (Module)

(١) المساطر التى طولها من ٢٥ الى ٥٠ سنتيمترا تعطى نتيجة مكونة من رقين أو ثلاثة وقد توجد عدد لوغاريتمية أسطوانية من صنع (Loga) تعطى النتيجة لغاية ستة أرقام .

وتكون منها رسم هندسى يسمى لوحة يستخرج منها مقادير الأطوال والعوامل الزاوية للجاهيل ، وقد تعمل لوحة لكل معادلة خاصة بمسألة رياضية حتى لو كانت من نوع واحد وتغيرت فيها مقادير تلك المعالم تفسيراً لذلك نشرح المثالين البسيطين التاليين فى الحساب الجرافيكى .

(أولاً) المطلوب تعيين بالرسم العدد الذى مربعه يساوى مجموع مربعى عددين معلومين ب ، ح . يكفى لذلك أن نرمس مثلثاً قائم الزاوية طول ضلعيه يساوى المقدارين المعلومين طبقاً لوحدة الطول المتفق عليها يعطينا طول وتر المثلث العدد المطلوب حسب الوحدة المذكورة .

المثل الثانى : لنفرض أنه مطلوب حل معادلة من الدرجة الثانية .

$$س^2 + ح س + د = ٥$$

حيث س هي رمز المجهول ح ، د هما رمزى عددين معلومين . لذلك نرمس محورين متعامدين س س ، ص ص متقاطعين فى نقطة الأصل ١ كما فى (الشكل ١٣) نأخذ نقطة ح فى المحور ص ص بحيث يكون الطول ح مساوياً لوحدة الأطوال أى سستيمترا مثلاً ، ثم نأخذ على المحور س س البعد ١ ب = ح وعلى المحور ص ص البعد ١ د = ٥ ونقيم فى النقطتين ب ، د عمودين على المحورين س س ، ص ص متقاطعين فى نقطة هـ ونصل المستقيم هـ ح ونجعله قطراً للدائرة التى تقطع المحور س س فى نقطتى ف ، ي بالمقاس الوحى هما مقدارى المجهول س أعنى جذرى المعادلة .
وللبرهنة على المسألة التى نحن بصددنا نقول أن :

١ ب + ١ د = ١ ح + ١ د = ح ثم ١ ب × ١ د = ١ ح × ١ د = ١ ح د
وبما أن ح د الوحدة فهذا يدل على خاصية هذه المعادلة أعنى مجموع الجذرين يساوى المكرر الأول بالسالب وحاصل ضربهما يساوى المكرر الثانى . فبناء عليه يكون الحل صحيحاً .

قد رسمنا باعتبار الوحدة $1 = 2$ = ستيتمتر، وجعلناه لحل المعادلة الرقمية
 $3 - 12 = 2 = 0$ بقياس الأطوال $1 = 2$ أى نجسد مقدارى
 جذرى المعادلة هما $1 = 2 = 0$ = ستيتمتر $1 = 2 = 0$.

وقد يتضح من المثلين المتقدمين كيفية تعيين المجاهيل تخطيطيا جرافيكيا^(١) أنتقل الآن
 إلى القسم الثانى من الطرق التخطيطية وهو علم التوغرافيا (La Nomographie)
 الحديث السابق تعريفه وهو يبين أى يمثل على مستوى الأعداد كما تبين الهندسة
 الوصفية على سطح مستو الأجسام ذات الثلاثة أبعاد فى الفراغ ، وهذا العلم يبحث
 فيه نظرية وإنشاء الأباكات الرقمية (Cotées) فإن كل أباك منها يمثل أى يعين
 بالرسم قانون أو معادلة جبرية أو عالية (Transcendante) ذات عدة متغيرات
 والفرض من هذه الأباكات استبدال الحساب العددي لهذه المعادلة بقراءة بسيطة
 للأرقام المبينة على هذا الأباك بحيث نحصل منها على نتيجة العمليات العددية
 للمعادلات بسهولة وسرعة ونهتدى إلى هذه القراءة فى واقع الارتباط الهندسى
 البسيط الوضوى بين النقط الرقمية للفايس المكونة للأباك ونمى تم وضع أباك بياى
 لتمثيل معادلة يصبح صالحا دائما لحل جميع المسائل المتعلقة بتلك المعادلة ولو
 تغيرت مقادير المعاليم المتداخلة فيها وفى حدود الأباك بخلاف ما سبق شرحه للحصول

(١) وبمناسبة ذلك ألفت نظر حضراتكم إلى المؤلف دركاني المعروف بالعنوان التالى (Le Calcul graphique et Nomographie par d'Ocagne) حيث تجدون فى القسم الأول منه شرح
 كافة الطرق الجرافيكية لحل المعادلات التى من الدرجة الأولى مهما تعددت مجاهيلها وحل المعادلات ذات
 مجهول واحد مهما كانت درجتها وعمليات الاستكمال الجرافيكى وعمليات التكامل وتعين تكامل المعادلات
 التفاضلية من درجة أولى .

وقد سبق تليت أمام جمعية المهندسين المصرية سنة ١٩٠٧ مقالة باسم المرحوم أحمد بك كمال بخصوص
 هذا الكتاب نشرت فى مجلة المقطع سنة ١٩٠٨ ونشرت لى أيضا جمعية المهندسين الملكية المصرية
 سنة ١٩٢٥ رسالة موضوعها نبذة تاريخية فى الطرق الرقمية (الجرافيكية) وكذلك نشرت لى مجلة المجتمع
 العلمى ومجلة الهندسة سنة ١٩٢٨ مذكورة بخصوص الطبعة الثالثة من كتاب المسيو دوكانى المعنون
 (Le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques).

على حل مسألة حسابية بالحساب الجوافكى ، فبسطر فى كل حالة لتصميم رسم هندسى أى لوحة خاصة لكل مسألة ولو كانت من نوع واحد وتغيرت معالمها .

وقد يشمل علم الجوافكى حصر جميع القواعد الأساسية الخاصة ببيان تمثيل المعادلات والقوانين الرياضية مهما تعددت متغيراتها بالأباقات المذكورة التى ترسم على مبدأ الهندسة الجبلية ومتكوّنة من مقاييس مربعة مستقيمة أو منحنية أو من الصنفين ترسم بحيث يكون الارتباط الجبرى بين المتغيرات الموضح بالمعادلة هو نفسه مبينا على الأبائك ، كما ونحنأ أنه ارتباط هندسى . وبعبارة أخرى فى كل أبائك مقياس ذو أرقام خاص بالمتغير المعتبر مجهول للمعادلة ومقاييس ذات أرقام خاصة بالمتغيرات الأخرى المعتبرة معالم فى المعادلة .

ولا يخفى أنه لا يمكن معرفة المقادير التى تزيد على أربعة أرقام باستعمال الأبائك بمعرفة تامة ، ولكن المعرفة التقريبية تفي بالغرض فى تطبيقات كثيرة فى العمليات التى تصادف المهندسين بنوع خاص فى أعمالها لأنها مؤسسة على فروض وتجارب تقريبية كما يحدث فى حساب مقاومة المواد وتعيين جهود وأسمالك أعضاء العمارات والانشاءات الحديدية والخرسانة المسلحة وفى حساب مواسير توزيع المياه والغازات وكابل توزيع التيار الكهربائى وغيرها .

والآن قبل أن أبتدىء فى شرح نظرية الأبائك ووصف أنواعها وكيفية استعمالها ، يجدر بنا أن نعرف المقاييس الجوافكية الأكثر استعمالا المركبة منها الأبائك على وجه العموم .

المقياس المترى وهو أبسط وأكثر ممارسة من المقاييس المستعملة عادة وهو يستخدم لبيان جميع المقادير الرقبة التى يأخذها متغيره بين مقدارين رقيقين ب ، > ويعبر عنهما أيضا بنقطتى الحدود وهما يحددان طول المقاس ، فإذا رمزنا بحرف ل للطول وبحرف م لوحدة الأطوال المستعملة لبيان مقادير المتغير وبحرف خ للخطوة الجوافكية ، أعنى لاسافة المحصورة بين علامتين متواليتين من تقاسيم المقياس فى نقطة-

و يحرف ن للدرجة (Echelon) (أى الزيادة التى يأخذها المتغير . أعنى الفرق بين مقدارين متوالين للتغير) يحدث لنا القانون .

$$(١) \quad ل = م (ح - ب) \quad (٢) \quad خ = م \times ن$$

وعلى وجه العموم معالم المقاييس هى الدرجة ن (المقابلة لدرجة التقريب المطلوبة والطول ل (مدى تغير مقدار المتغير) المحدد بالنهايتين ب ، ح ومتى اخترنا الخطوة خ (التى نهايتها الصغرى تأخذ عاديا متساوية للمليمتر واحد أو نضعه حسب الاستكمال النظرى المستعمل .

نستخرج وحدة الطول م من القانون (٢)، ونضعها فى القانون (١) الذى يعطينا حيثئذ مقدار الطول ل .

مثلا إذا أردنا التمثيل البيانى لقيم المتغير التصاعدية من ب = ٠ إلى ح = ٢٠ بدرجة ثابتة ن = ٠,٥ (أى $\frac{1}{٢}$ من وحدة المتغير) يمكننا أخذ ما يقابل هذه الدرجة خطوة جرافيكية مقدارها خ = ٠,٥ ملليمتر، فيتعين لنا من القانون (٢) وحدة الطول م = ١٠ ملليمتر، ثم نستخرج من القانون (١) مقدار الطول ل = ٢٠٠ ملليمتر كما يلى :

$$م = \frac{خ}{ن} = \frac{٠,٥}{٠,٥} = ١٠ \text{ ملليمتر} \quad ل = م (ح - ب) =$$

١٠ (٢٠ - ٠) = ٢٠٠ ملليمتر، فبناء على ذلك تكون مبنية على هذا المقياس كل أنصاف المليمترات كما هو مبين فى الدوبل ديسمتر .

(١) مقياس مستقيم لبيان دالة ذات متغير، هو المقياس البيانى المثل لدالة و (هـ) جبرية أو دالة لمتغير هـ غير متعلق ومكوّن من مجموعة نقاط ذات رقم موزعة

(١) يقال للتغير هـ دالة للتغير هـ متى كانا مرتبطين أحدهما بالآخر ارتباط جبرى أو على بينهما بحيث أن مقدار هـ يتغير متى تغير مقداره بكيفية اختيارية ونستعمل الرمز هـ (هـ) للدالة هـ مثلا فى قانون مساحة الدائرة هـ = ط ن الذى هو ارتباط بين المساحة هـ ونصف القطر ن وتعتبر هـ دالة ونى متغير غير متعلق هـ

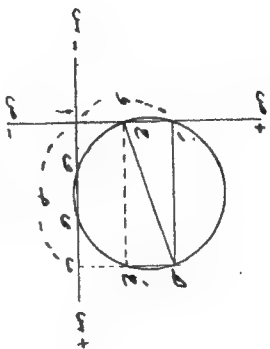
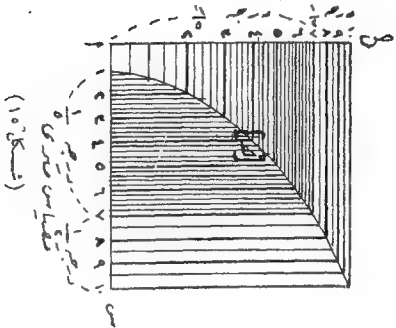
لكي يمكننا إجراء هذا الاستكمال بسهولة في العمل يجب أن نأخذ على حامل المقياس علامات التقاسيم مقابلة لدرجات متساوية ابتداء مقدار رقمي صحيح للتغير مأخوذ للنهاية الصغرى للمقياس فتحصل بهذه الكيفية على مقياس منتظم (Echelle Normale)

ويلاحظ أن الخطوات الجرافيكية أى المسافات بين علامات التقاسيم غير متساوية في المقاييس الدوائية إنما هي فقط متساوية أعنى بدرجة ثابتة في المقاييس المترية .

مثال : (الشكل ١٤) يبين لنا مقياس لوغاريتمى ممثل للوغاريتمات الأعداد من ١ الى ١٠ بدرجة متخذة $\frac{1}{10}$ بين ٢ ، ١ ودرجة $\frac{1}{10}$ بين ٢ ، ١ ودرجة $\frac{1}{10}$ بين ١٠ ، ١ فتكون حينئذ نقط الانقطاع في ١٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، ١٠ لأن عندها وصلت الخطوة الجرافيكية الى نهايتها الصغرى .

ولتفسير ما تقدم نشرح هندسيا وصف المقياس الدالى بواسطة (الشكل ١٥) موضحا تعيين مقياس منتظم ١ ص للبيان التوغرافى لتمثيل دالة لوغاريتمية ص = م لو بواسطة المقياس المنحنى اللوغاريتمى [هـ] المبين بالنسبة للمحورين ١ ص ، ١ ص متعامدين في نقطة الأصل ١ بالمعادلتين البرامتريتين $r = s$ و $s = r$ ص = م لو حيث الأولى منها هي معادلة مقياس مترى لوحدة طول $r = s$ مليمتريين على المحور ١ ص والثانية معادلة المقياس اللوغاريتمى بوحدة طول $r = s$ مليمتريين على المحور ١ ص ، وقد يشاهد في هذا الشكل أن مقدار المتغير يتغير في المدى ما بين (هـ = ١ الى هـ = ١٠) بالتساوى بدرجة $\frac{1}{10}$ أعنى ٢ ، ٣ (من ١ الى ٧) وبدرجة $\frac{1}{10}$ أعنى ٥ ، ٦ (من ٧ الى ١٠) . ومن التأمل نرى أنه من الضروري تغير مقدار الدرجة من $\frac{1}{10}$ الى $\frac{1}{10}$ في النقطة المرقمة ٧ على المقياس اللوغاريتمى لأن الخطوة في هذا الموقع أى نقطة الانقطاع بلغت فيها النهاية الصغرى . وهالك مقدار طول هذا المقياس ل = ٥٠ [لو ١٠ - لو ١] = ٥٠ مليمتريين باعتبار تقطى النهاية ١٠ ، ١ .

مقیاس لوغاریتمی



مقیاس لوغاریتمی



المقاييس المستقيمة الاعتيادية المستعملة عاديا وأكثر ممارسة هي المقاييس المترية مثل نموذج المقياس المترى بتدرج الديسيمتر والمقاييس اللوغاريتمية والمكائنية والهوموغرافية وغيرها وقد رسم نماذج هذه المقاييس على حدة مساطر خشبية كما يسطر الدوبل ديسيمتر وتعمل كمعايير (Etalon) للتدرج تستخدم لإنشاء المقاييس التي من نوعها وذلك بتغيير أطوال المقاييس باستعمال حزمة أو مجموعة أشعة .

مقياس منحني [هـ] أو منحني النقط ذات رقم : هو مكون من مجموعة نقط أى علامات تقاسم مرقمة وموزعة على خط منحني مستوكا في (الشكل ١٦) بالنسبة لمحورين إحداثيين متعامدين s و u ، بحيث أن الإحداثيين الكارتيزيين s ، u لنقطة P إما كانت u ذات رقم h مأخوذة على هذا المقياس هي مبنية بالمعادلتين البرامتريتين التاليتين :

$$(3) \quad s = s(h) \quad u = u(h)$$

(الأولى) تدل على مقياس مستقيم بياني للدالة s (هـ) للبرامتر h أى المتغير المساعد أو الثانوى وبوحدة طول s ، والثانية تدل على مقياس مستقيم للدالة u (هـ) بوحدة أن طول u باعتبار أن المحوران s ، u هما حاملين لهذين المقياسين التي بواسطتهما يرسم المقياس .

لكل مقدار رقمى يعطى للبرامتر h تقابله نقطة مرقمة h لهذا المقدار على المقياس موقعها معين بالمعادلتين الإحداثيتين (٣) s ، u المقابلين لها ، فإذا فرضنا للبرامتر h سلسلة مقادير رقمية ووقعنا بجانب كل نقطة المقدار المقابل لها من البرامتر نحصل على هذا المقياس .

يقال للخط المنحني المرتكز عليه هذا المقياس حاملا له معادلته هي التي ينتج من حذف h بين المعادلتين (٣) :

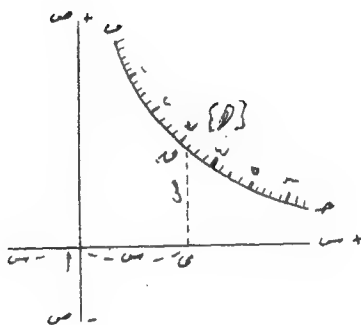
مقياس فصيلة الخطوط ذات رقم — وهو مكون كما في (الشكل ١٧)
من فصيلة أو مجموعة خطوط (ه) منحنية أو مستديرة أو مستقيمة ذات رقم معادلتها
بالنسبة للحوارين $س = ص$ في مستوئهما هي (٤) $ي$ (س، ص، ه) $= ٠$
فيها ه برامتر أو متغير ثانوي أو مساعد وقد ينشأ هذا المقياس برسم الخطوط المقابلة
لسلسلة مقادير رقمية للبرامتر ه مأخوذة بالتصاعد بدرجات منظمة وبكتابتة بجانب
كل منحنى في هذه الفصيلة المقدار الرقي للتغير ه المقابل له في المعادلة (٤) .

مقياس مجموعة النقط ذات الرقين عددها لا نهائى — يمكننا على وجه
العموم تعيين في مستو مجموعة نقط عددها لا نهائى ذات رقين فيها ولذلك نفرض
أنه رسمنا في مستو (الشكل ١٧) فصيلة أخرى (ه) من خطوط ذات برامتر ه
والمدينة بمعادلة أخرى التالية (٥) $ي$ (س، ص، ه) $= ٠$ بالنسبة للحوارين
١ س، ٢ ص . فإذا حذفنا بالتوالى س ص من المعادلتين (٤) و (٥) للفصيلتين
(ه) ، (ه) ينتج لنا في الواقع معادلتين بالصورتين :

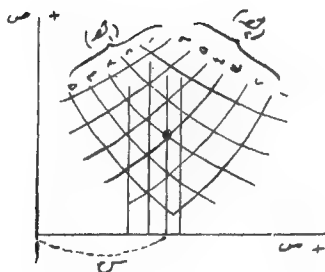
$$س = ٠ \text{ و } (ه، ه) \quad ص = ٠ \text{ و } (ه، ه)$$

معيّنتين لمجموعة النقط ذات الرقين للمقياس المذكور لأن نقطة تقاطع أى خط
من فصيلة (ه) مع خط من فصيلة (ه) هي في الحقيقة نقطة ذات رقين
ه، ه ويقال لفصيلتي الخطوط (ه)، (ه) شبكة مجموعة النقط ذات الرقين .
ولأجل معرفة نقطة ذات رقين ه، ه في هذه الشبكة فإ علينا إلا أن نأخذ
هذه النقطة في تقاطع الخطين المرققين ه، ه .

المقياس الثنائى لبيان دالة $س = ٠ \text{ و } (ه، ه)$ — ذات متغيرين
ه، ه هذا المقياس مكون من الحوارين ١ س، ٢ ص (شكل ١٧) ومن شبكة
الفصيلتين (ه) ، (ه) (يأخذ عادة أحدهما اختياريا موازية للحوار (١ س)
معرّفتين بالمعادلتين (٤) و (٥) بحيث إذا حذف الحرف ص منهما يعطى لنا معادلة



(شکل ۱۶)



(شکل ۱۷)

هذا المقياس) ومن متوازيات (ن) للحوار ١ صـ متساوية المسافات مرسومة في خلال هذه الشبكة وتسمى هذه المتوازيات أدلة هذا المقياس الثنائي .

فقد يشاهد أن كل نقطة من متوازي (ن) باعتباره ضمن شبكة الفصيلتين (هـ) ، (هـ) هي ذات رقمين وهذا المتوازي مركب من نقط ذات رقمين عددها لا نهائي متى علم أحد هذين الرقمين رقم المنحنى (هـ) مثلا المار بالنقطة المعتبرة على المتوازي (ن) ينتج لنا الرقم الثاني الذي هو رقم المنحنى (هـ) المار بهذه النقطة وبالاختصار كل نقطة من الحوار ١ صـ هي ذات ازدواج نقط عددها لا نهائي مكدسة على هذا الحوار ١ صـ الذي يعتبر حاملا للمقياس الثنائي البياني لدالة ذات متغيرين والآن .

والآن ننقل إلى مسرح نماذج الأباقات المختلفة موضحا وضعها بأمثلة بسيطة وكيفية استعمالها لحل المسائل .

بيان المعادلات ذات متغيرين

بيان بمقياسين متجاورين أو ملتصقين — لنفرض أن المعادلة المعلومة ذات متغيرين (هـ) ، (هـ) وضعت بالصورة $د(هـ) = د(هـ)$ فيمكننا بيان هذه المعادلة بواسطة مقياسين متجاورين ملشأين على محور واحد أحدهما من جهة الآخر من الجهة الأخرى ومتركيين في وحدة الطول ومعيّنين بالمعادلتين التاليتين .

$$س = م د(هـ) \quad ص م د(هـ)$$

محسوبيّتين ابتداء من نقطة أصل ١ على الحوار .

وقد نشاهد أن أى مقدارين رقمين هـ ، هـ للتغيرين محققين للمعادلة المعلومة أعنى مكونين حلها ، هما مبينين برقى نقطة على الحوار المذكور وبناء على ذلك لو فرضنا رقم هـ معلوم بنقطة في المقياس [هـ] نجد الرقم الآخر المقابل للتغير هـ في نفس النقطة المرقمة هـ على المقياس الأول .

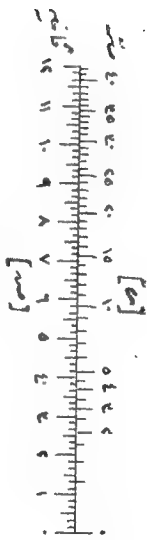
مثال : بيان (بالشكل ١٨) ممثل للمعادلة $\gamma = 1,835$ ذات المتغيرين γ ٦ (الأول) γ رمز لانخفاض أفقى البحر بالتوانى (والثانى) γ رمز لارتفاع أى علو عين الراصد فوق البحر مبين بالمتربا اعتبار الإنكسار . فباستعمال الشكل نجد فيه أنه لأجل $\gamma = 15$ مترياقباله انخفاض $\gamma = 7$ (٧ توانى و٧ ثوالث) .

بيان بأباك كارتيزى مترى — هذا الأباك يستعمل لبيان معادلة مفروضة بالصورة العامة $(\gamma, \gamma) = (11)$. ذات متغيرين (γ, γ) وهو مكون من شبكة من فصيلتين من متوازيات (γ, γ) متعامدين بالتناظر على المحورين ١ س ، ٢ س كما بين (بالشكل ١٩) فى مستويهما عند تقابلهما مع تقط تقاسيم مقياسين مترين معادلتهما : $\gamma = 6$ س ، $\gamma = 4$ س منشأين على هذين المحورين ومن المنحنى ١ و مرسوم فى مستوى الشبكة ومعادلته $(\frac{\gamma}{\gamma} = \frac{\gamma}{\gamma}) = 1$. وهى الناتجة من حذف (γ, γ) فى المعادلة المعلومة ومعادلتى المقياسين المترين .

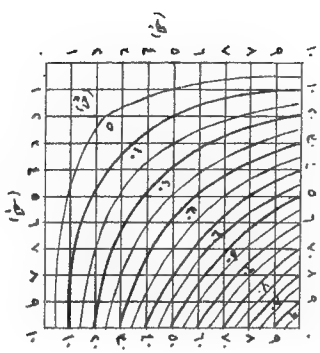
كيفية استعمال هذا الأباك — إذا فرضنا أن أحد المتغيرين γ مثلاً معلوماً يكفى لنا أن نأخذ نقطة تقاطيع المنحنى مع العمود γ و فى النقطة المرقمة γ على المحور ٢ س وتقرأ النقطة المقابلة لها المرقمة γ على المحور ١ س فى موقع العمود المسقوط من نقطة و على هذا المحور .

استعمال شفاف ذى دليلين ومركز : لاجتناب رسم شبكة المتوازيات المتعامدة فى (الشكل ١٩) ، وضرورة إجراء التقدير النظرى بين المتوازيات لمعرفة مقادير المتغيرات نوضع على مستوى المنحنى ١ و شفاف موقعا عليه عمودين متقاطعين فى نقطة و ويسمى هذين العمودين دليلين للشفاف والنقطة و مركزه . فإذا حركنا

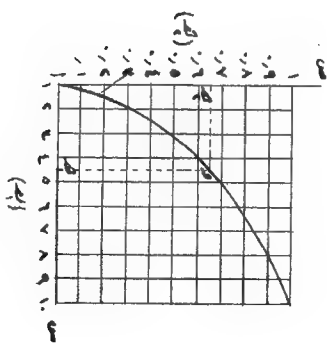
(١) ملحوظة : لاختصار الشرح يدل بالرمز $\gamma = 1,835$. لمعادلة ذات متغيرات γ, γ بالرمز (γ) لقصبة خطوط مرقمة وخاصة بالمتغير γ وبالرمز $[\gamma]$ لمقياس منحنى النقطة رقم خاص بالمتغير γ .



(شکل ۱۸)



(شکل ۲۰)



(شکل ۱۹)

استعمال مقياس مستقيم متحرك : نفرض أنه في حركة الإزلاق التي
ومحناها استعمالنا شفاف مرسوم عليه المحور ١ـ مدرج بالمقياس المتري [هـ ١]
ومتحرك بكيفية أن نقطة الأصل ١ تبقى على المحور ٢ـ ص وهذا المقياس يظل
موازيا للمحور ١ـ س نجد في نقطة تقاطعه مع المنحنى الرقم المطلوب هـ المقابل
لنقطة هـ على المحور ١ـ ص وأن استعمال هذا المقياس هو أحسن الطرق .

بیان باباك كارتيزى متری (شكل ۲۰) — يستعمل لبيان معادلة

ذات ثلاثة متغيرات h_1, h_2, h_3 بالصورة العامة $D(h_1, h_2, h_3) = 0$.
 لنفرض أننا أعطينا بالتوالى لإحدى هذه المتغيرات h_1 مثلاً عدة مقادير مرفقة
 تصاعدياً ابتداءً بمقدار صحيح بدرجات متساوية ثم نضع كل واحد من هذه المقادير
 في المعادلة فتتحول هذه إلى معادلات كل منها ذات متغيرين h_2, h_3 قابلة لبيان بالأباك
 الموضح (بالشكل ١٩) بالنوع الكارتيزي . فإذا رمزنا بالحرف (h_1) لفصلية المنحنيات
 الرقمية بالمقادير المقابلة للتغير h_1 المشروحة أعلاه ومعادلتها $D(\frac{h_2}{h_1}, \frac{h_3}{h_1}, h_1) = 0$.
 يحدث لنا أباك كارتيزي ممثل للعادلة المقترحة، وهو مركب من شبكة الأعمدة
 (h_1) و (h_2) في نقط تقاسيم المقياسين المتريين المبينين على المحورين ١-٢، ١-٣
 ومن فصلية المنحنيات (h_3) المرسومة في خلال هذه الشبكة ومحددة ببروازها .
 فتمثل هذا الأباك نحصل على مقدار المجهول h_1 المقابل لمقدارين معلومين.
 للتغيرين الآخرين h_2, h_3 في المعادلة كما يلي : يكفي لقراءة الرقم المجهول الذي

هو نفس رقم المنحنى $هـ$ المار بنقطة تلاقيه بالعمودين في شبكة الفصيلتين المرفقتين $هـ$ ، $هـ$ ، ويخرج لنا حينئذ حل المعادلة .

ملحوظة : في العمل يمكن تقدير الاستعمال النظري بين الخطوط المرسومة للأباك لغاية $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ تقريبا من المسافة بين خطين متوالين .

مثال بسيط : (الشكل ٢٠) يوضح لنا أباك كارتيزى لبيان عمليتي الضرب والقسمة المئينين بالقانون $هـ = هـ \times هـ$ وهو مكون من شبكة مركبة من فصيلتين من متوازيات ($هـ$) و ($هـ$) متعامدين على المحورين ١ س ٦ ص في نقطة تقاسيم مقياسين مترين منشأين على هذين المحورين ومعينين بالتناظر بمعادلتين س = ٥ ملليمتر \times هـ ص = ٥ ملليمتر \times هـ بوحدة طول مشتركة ٥ ملليمتر ومن فصيلة قطع زائدة ($هـ$) مبنية بالمعادلة س = ٢٥ هـ

التحويل الانامورفوزى — بدلا من المقياسيين المترين المئينين على المحور ٢ س ١ ص (شكل ٢٠) نشئ مقياسيين داليين مئينين بالمعادلتين س = ٢ ($هـ$) ص = ٢ ($هـ$) فيهما الدالتان د ($هـ$) ك د ($هـ$) اختياريتان بحيث اذا حذفنا المتغيرين هـ ك هـ من هذين المعادلتين والمعادلة المعلومة د ($هـ$ هـ هـ) = ٠ يحدث لنا معادلة من الدرجة الأولى بالحرفين س ك ص كنتيجة بالصورة التالية .

$$س = ٢ + ٢ ص + ٢ هـ = ٠$$

حيث إن الحروف ٢ ك ٢ هـ رموز لثلاثة دوال ذات المتغير هـ ومن المعلوم أن هذه المعادلة تدل على فصيلة من المستقيمات ذات برامتر بدل من فصيلة المنحنيات .

فهذا التحويل الذى يستبدل فصيلة هذه المنحنيات بفصيلة مستقيمات يقال له أنامورفوز ، وله فائدة في تطبيقه على الأباقات لأنه بدل من فصيلة منحنيات مبنية في أباك كارتيزى لا يمكن رسم كل منحنى فيها إلا بتعيين عدد كثير من النقاط . يسمح لنا هذا التحويل أن نرمم مستقيمات بتعيين كل مستقيم منها بنقطتين فقط .

ه_٣^٢ + ه_٣^١ + ه_٣^٠ = يمكن بيانها بشبكة فصليتين من متوازيات متعامدين $ص = ه_٣^١ = ه_٣^٠ = ه_٣^٢$ وفصيلة مستقيمت متقاطعة. معادلتها $ص = ه_٣^١ + ه_٣^٠ + ه_٣^٢ = ٠$

أو أباك الخطوط المتلاقية الأعم

ليان المعادلة $(\mathbf{h}_1, \mathbf{h}_2, \mathbf{h}_3) = 0$ لتصور ثلاثة فضاءات من المنحنيات $(\mathbf{h}_1), (\mathbf{h}_2), (\mathbf{h}_3)$ معينة بالتناظر بالثلاثة معادلات بالاحداثيات الكارتيزية .

(٦) γ (سه ٦ صه ٦ هـ) = γ (سه ٦ صه ٦ هـ).
 γ (سه ٦ صه ٦ هـ) = γ مأخوذة بحيث انه اذا حذفنا الحرفين سه ٦ صه.
منها يتبع لنا المعادلة المقترحة د ($\gamma \gamma$ هـ) = γ . اذا اعتبرنا بالتناظر من هذه.
الفصائل ثلاثة منحنيات مرقمة γ ٦ هـ متقاطعة في نقطة فالثلاثة أرقام
الخاصة بهذه المنحنيات هي مرتبطة ببعضها بنفس المعادلة د ($\gamma \gamma$ هـ) = γ .
وذلك لأن هذه الثلاثة أرقام هي مقادير للثلاثة متغيرات محققة للمعادلة أعني هي حل لهذا

ومن التأمّل يتضح لنا أنه متى فرضت معادلة $d_{321} = 0$ يمكننا أن ننتخب اختيارياً من بين الثلاثة معادلات (٦) المعادلتين الأولىين مثلاً فينتج لنا المعادلة الثالثة بحذف h_1 و h_2 من هاتين المعادلتين والمعادلة المفروضة في العمل ننتج مقادير المتغيرين المعتبرين معلومين h_1 و h_2 بين نهايتين لهما (b_1, c_1) ، (b_2, c_2) ويتحدّد لنا للتغير الثالث h_3 المعتبر مجهول مقداري نهايته (b_3, c_3) التي تتغير منها .

أباك ذو الثلاثة فصائل مستقيمات في الحالة الأعم القاعدة العامة التحويليل الأنامور فوزى — المعادلة مقترحة د $_{321} = 0$ ذات ثلاثة متغيرات $هـ١$ ، $هـ٢$ ، $هـ٣$ هو تحويل هذه المعادلة بطريقة جبرية أو عالية متى كان ذلك مستطاعا الى صورة أخرى $ي_{321} = 0$. نفرض أنها قابلة التمثيل البياني بأباك ذى ثلاثة فصائل من مستقيمات ، ففي هذه الحالة كما هو معلوم أن معادلات هذه الثلاثة فصائل من مستقيمات ، هي بالصورة العامة التالية من الدرجة الأولى بالنسبة للاحداثيين $س١$ ، $س٢$.

$$س١ = ١ + ٢ + ٣$$

$$س٢ = ٢ + ٣ + ٤$$

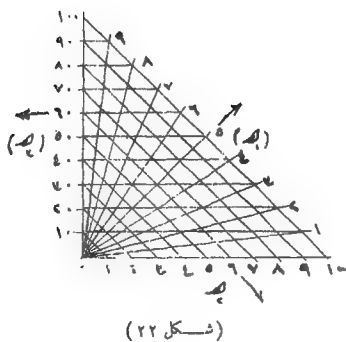
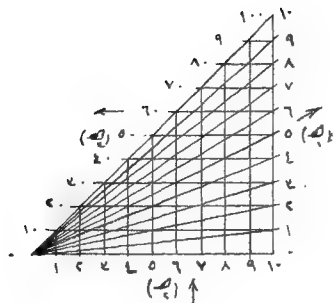
$$س٣ = ٣ + ٤ + ٥$$

حيث ان $س١$ ، $س٢$ ، $س٣$ (لأجل $١ = ٢٦ ٢٦ ٢٦$) في هذه المعادلات هي رموز دوال ذات المتغير $هـ١$ بشرط أن حذف الحرقين $س١$ ، $س٢$ بين هذه المعادلات يعطى لنا كنتيجة المعادلة المقترحة د $_{321} = 0$. المفروضة أنها قابلة للتحويليل الأنامور فوزى الى المعادلة $ي_{321} = 0$.

وحيث من المعلوم أن نتيجة هذا الحذف هي معادلة بصورة المحدد :

$$0 = \begin{vmatrix} ١ & ٢ & ٣ \\ ٢ & ٣ & ٤ \\ ٣ & ٤ & ٥ \end{vmatrix} = \text{مح}$$

وهو الشرط التعبيرى كى تكون ثلاثة مستقيمات مرفقة بالتناظر $هـ١$ ، $هـ٢$ ، $هـ٣$ من هذه الثلاثة متقاطعة في نقطة فيتضح من ذلك أنه متى وضعت المعادلة بقالب هذا المحدد تكون قابلة التمثيل البياني بأباك ذى الثلاثة فصائل من مستقيمات متلاقية .



وهناك ثلاثة نماذج بسيطة من نوع الأباكات ذات فصائل من مستقيمتين متلاقية : الأولان هما نموذجان من الأباكات المشعة لبيان معادلة الضرب والقسمة المكتوبة بالصورة $ه_١ \times ه_٢ = ه_٣$.

(الأول) موضع (بالشكل ٢١) وهو مكون من فصيلة المتوازيات الرأسية (ه_١) وفصيلة المتوازيات الأفقية ه_٢ الممينين بالتناظر بالمعادلتين $ه_٢ = ه_٣$ و $ه_١ = ه_٣$ وفصيلة الأشعة (ه_١) من نقطة الأصل معادلتها هي $ه_٣ = ه_١$.

رسمنا هذا الأباك بفرض أن وحدتي الطول $ه_١$ ، $ه_٢$ = ٥ مليمتر $ه_٣$ = ٥٠ مليمتر .

(الثاني) موضع (بالشكل ٢٢) وهو مكون من فصيلة متوازيات أفقية (ه_١) وفصيلة متوازيات (ه_٢) باتجاه وتر المثلث وفصيلة أشعة (ه_١) من رأس الزاوية القائمة لهذا المثلث .

(الثالث) نموذج الأباك اللوغاريتمي : ذو ثلاثة فصائل من متوازيات الموضع (بالشكل ٢٣) تمثل المعادلة السابقة للضرب والقسمة محولة الى الصورة اللوغاريتمية $لو ه_١ + لو ه_٢ = لو ه_٣$ وهناك بالتناظر معادلات الثلاث فصائل (ه_١) (ه_٢) (ه_٣) الأولى رأسية والثانية أفقية والثالثة في اتجاه وتر المربع البروازي .

$$ه_٣ = ه_١ \times ه_٢ \quad ه_٣ = ه_١ \div ه_٢ \quad ه_٣ = ه_١ \times ه_٢$$

الأباكات السداسية

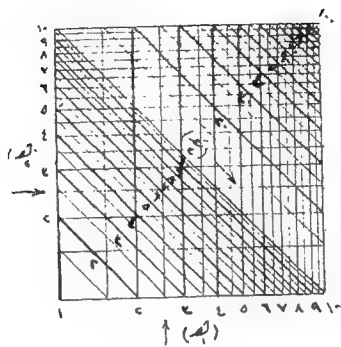
وعلى وجه العموم فإن الأباك السداسي هو عبارة عن الأباك ذي الثلاث فصائل من المتوازيات السابق شرحها بعد ما حذف منه جميع متوازيات كل فصيلة متوازيات كل فصيلة واستعيز عنها بمقياس حامله مستقيم ووضعته اختياري باتجاه عمودي على المتوازيات ومبين عليه نقط تقاطعة مع المتوازيات مرقمة بأرقامها ومكونة للمقياس .

فاذا تصورنا الأباك السداسى الموضح (بالشكل ٢٤) الناتج من حذف المتوازيات فى الأباك (شكل ٢٣) واستعصنا عنها بالمقياس اللوغاريتمية المبينة على المحورين ١ س ، ١ ص والمشاركة فى وحدة طول م وعلى المحور ١ ع المنصف للزاوية ١ س ، ١ ص بوحدة طول مقداره $\frac{2}{\sqrt{2}}$ نحصل على أباك سداسى لعمليتى الضرب والقسمة .

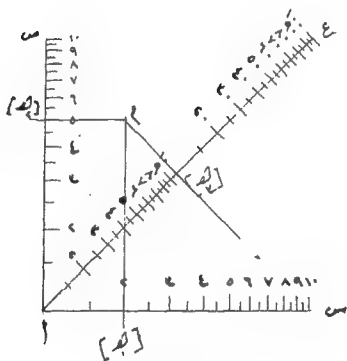
طريقة الاستعمال : طريقة الاستعمال : يستخدم هذا الأباك السداسى باستعمال شفاف مرسوم عليه ثلاثة خطوط متقاطعة مثل م ، ١ هـ ، ٢ هـ ، ٣ هـ بحيث تكون اتجاهاتها عمودية على ١ س ، ١ ص ، ١ ع ويسمى كل خط من هذه الثلاثة دليلا ، فإذا عرف رقما المتغيرين ١ هـ ، ٢ هـ وأريد معرفة مقدار رقم المتغير الثالث ٣ هـ المحقق للمعادلة نحرك الشفاف على الجدول حتى يظل الدليل م هـ عمودى على المحور ١ س دائما ، ونستمر فى تحريك الشفاف حتى يمر الدليلان م هـ ، ٢ هـ ، ٣ هـ بالنقطتين ١ هـ ، ٢ هـ فنقطة تقاطع الدليل الثالث مع المحور ١ ع رقمها هو مقدار المجهول .

ملحوظة : هذا الأباك أوضح من الأباك السابق (شكل ٢٣) غير أنه لا يستعمل إلا لبيان معادلة ذات صورة بسيطة. وفى العمل يستحسن أن يأخذ على المقياسين [١ هـ] [٢ هـ] اتجاهى محورين مكوّنين لزاوية مقداره ١٢٠ درجة ولحامل المقياس [٣ هـ] اتجاه المنصف لهذه الزاوية فى هذه الحالة تكون الثلاثة مقاييس مشتركة فى وحدة الطول .

التموغيرام الأعم ذو الاستقامة الواحدة : لتصور فى مستو محورين ١ س ، ١ ص متعامدين فى نقطة أ ثلاثة مقاييس منحنية [١ هـ] [٢ هـ] [٣ هـ] معينة بالتناظر بالنسبة لذى المحورين الثلاثة معادلات التالية بالاحداثيات المتجانسة ١ س ، ١ ص ، ١ ع



(شكل ٢٣)



(شكل ٢٤)

$$\left. \begin{array}{lll} \text{ع}_1 = \text{ع}_1 & \text{ص}_1 = \text{و}_1 & \text{س}_1 = \text{و}_1 \\ \text{ع}_2 = \text{ع}_2 & \text{ص}_2 = \text{و}_2 & \text{س}_2 = \text{و}_2 \\ \text{ع}_3 = \text{ع}_3 & \text{ص}_3 = \text{و}_3 & \text{س}_3 = \text{و}_3 \end{array} \right\} (7)$$

من المعلوم أن المعادلة بصورة المحدد .

$$\begin{vmatrix} \text{ع}_1 & \text{و}_1 & \text{و}_1 \\ \text{ع}_2 & \text{و}_2 & \text{و}_2 \\ \text{ع}_3 & \text{و}_3 & \text{و}_3 \end{vmatrix} = \text{مح}$$

هي الشرط التعبيري لكي تكون الثلاثة نقط المرفقة (ه_١ ، ه_٢ ، ه_٣) من هذه الثلاثة مقاييس على استقامة واحدة . وبناء عليه متى وضعت معادلة معروفة د_{٢٢١} = . بقالب هذا المحدد يعرف منها أنها قابلة التمثيل لنموغرام ذى استقامة واحدة مركب من ثلاثة مقاييس منحنية معينة بالمعادلات (٧) .

فاذا خصصنا مقاييسين منها [ه_١] [ه_٢] مثلاً للعالمين والثالث [ه_٣] للمجهول أعنى المبحوث عنه وأردنا أن نبحث عن مقدار المجهول ه_٣ بمعلومية مقدارين مفروضين للتغيرين ه_١ ، ه_٢ نبحث على الرقم المبين لأحد هذين المتغيرين على المقياس الخاص بعالم ه_١ هذا المتغير وعلى الرقم المبين للمتغير الآخر على المقياس الخاص بعالم ه_٢ ونصل بين هذين الرقمين بخط مستقيم يتقاطع مع المقياس الخاص بالمجهول المبحوث عنه في نقطة مقدار رقعها هو الجواب المطلوب .

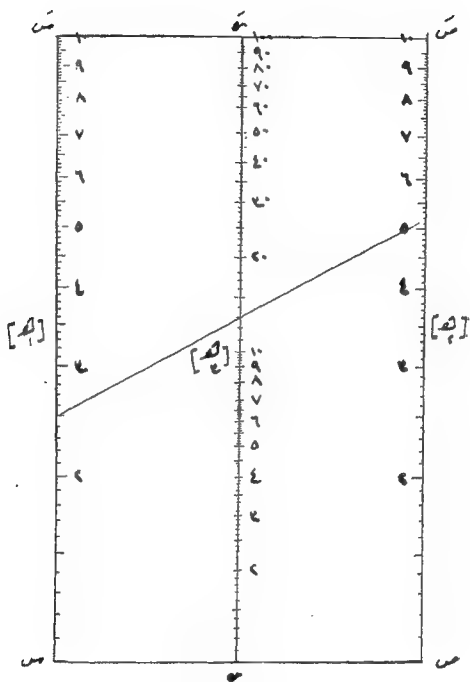
وبالاختصار فإن المستقيم الواصل بين نقطتين مرقنتين ه_١ ، ه_٢ على المقياسين [ه_١] و [ه_٢] الخاصين بالعالمين يتقاطع مع المقياس الخاص بالمجهول في نقطة رقعها دالاً على مقدار المبحوث عنه للمتغير المعتبر بمجهول .

طريقتان لاستعمال النموغرام : يمكناً بدل رسم هذا المستقيم الركون الى إحدى الطريقتين . (الأولى) استعمال قطعة من ورق شفاف مرسوم عليها مستقيم

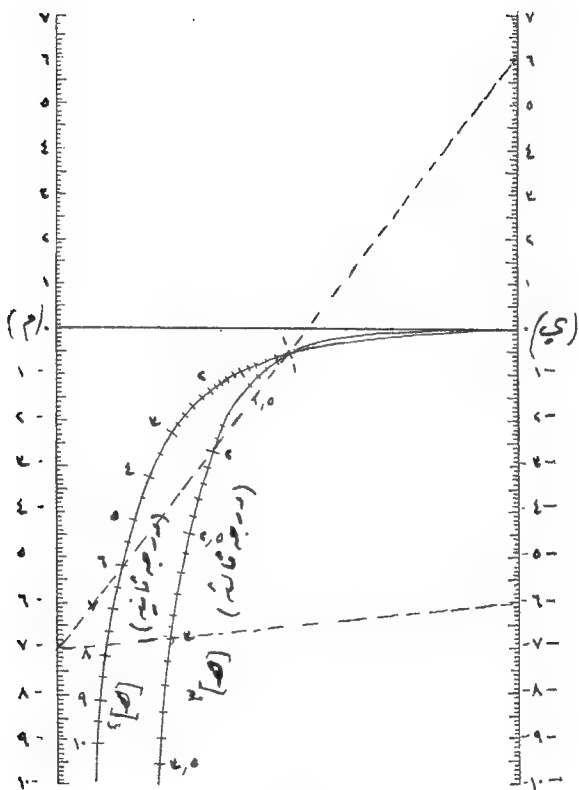
يقال له دليل وهذه طريقة أضبط . (والثانية) استعمال خط رفيع من حرير يمسك بالأصبع ويشد فوق النموغرام بحيث يمز بالنقطتين المعلومتين $ه_١$ ، $ه_٢$ وله ميزة في كونه أسهل وفيه الدقة الكافية ولا يتطلب سوى أن يكون النموغرام في سطح مستو وإيضاحا لذلك نشرح النموذجين البسيطين التاليين ذى الاستقامة الواحدة .

الأول — نموذج النموغرام ذى الاستقامة الواحدة (شكل ٢٥) البياني لعمليتي الضرب والقسمة، وهو أبسط نموغرام من نوعه وأسهل وأوضح من الأباقات السابق وصفها ويستعمل لحل معادلة الضرب والقسمة $ه_٣ = ه_١ \times ه_٢$ وهو مكون من ثلاثة محاور متوازية س س ، ص ص ، ر ر بينها مسافات متساوية وحاملة للثلاثة مقاييس اللوغاريتمية معرفة بالتناظر بالمعادلات $س = م$ لو $ه_١$ ، $ص = م$ لو $ه_٢$ ، $ر = \frac{م}{٢}$ لو $ه_٣$ ومنها المقياسين الخاصين بالمتغيرين $ه_١$ ، $ه_٢$ مشتركين في وحدة الطول م والمقياس الثالث وحده طوله تساوى $\frac{م}{٢}$

كيفية الاستعمال : نفرض $ه_١ = ٢,٥$ ، $ه_٢ = ٥,٢$ فإذا أردنا معرفة حاصل ضربهما نأخذ على المقياس الأول ١ سر النقطة المرقمة ٢,٥ وعلى المقياس الأيمن أ ص الناحص بالمتغير $ه_٢$ النقطة المرقمة ٥,٢ ونصل بينهما بخط دقيق يقطع المحور الأوسط للجوهر في النقطة مرقمة ١٣ هى مقدار $ه_٣$ ويمكن استعمال هذا النموغرام للقسمة يوصل رقم $ه_١$ مع $ه_٢$ حتى يصل الخط الى رقم $ه_٣$ على المحور أ ص وبمقارنة هذا النموغرام بالثلاثة أباقات السابق شرحها لعمليتي الضرب والقسمة نجد مقادير الأرقام $ه_١$ ، $ه_٢$ ، $ه_٣$ مبنية في هذه الأباقات على ثلاثة خطوط متقاطعة في نقطة أما في هذا النموغرام فانها مبنية في ثلاثة نقط على استقامة واحدة .



(شكل ٢٥)



(شكل ٢٦)

ويتضح من ذلك أنه يمكن تحويل أباك الثلاثة فصائل من مستقيمت إلى نموذج غرام النقطة على استقامة واحدة وذلك بواسطة تحويل يسمى التحويل التناظري^(١) (Transformation Correlative) يمكن بسهولة تحويل شكل إلى شكل آخر مناظر له بتطبيق طريقة مؤسسة على تبادل الاحداثيات المتوازية للسيودوكاني بالاحداثيات الكارتيزية ، ولأجل تحويل أباك المستقيمت المتلاقية إلى نموذج غرام النقطة ذي الاستقامة الواحدة يكفي أن نعوض في معادلات المستقيمت الاحداثيات المتوازية أو المماسية u, v بالاحداثيات الكارتيزية x, y ، صه فينتج لنا نموذج غرام من نوع ذي الاستقامة الواحدة .

نموذج غرام ذي الاستقامة الواحدة . لبيان معادلة الدرجة الثانية : $x^2 + y^2 + m x + n y = 0$. ومعادلة الدرجة الثالثة $x^3 + y^3 + m x + n y = 0$. هذا النموذج المرسوم (بالشكل ٢٦) مركب من متوازيين مبين عليهما مقياسين مترين اعتياديين معنوين $[x]$ ، $[y]$ الأول خاص بالمعلوم m والثاني بالمعلوم n ومركب أيضا من مقياسين منحنيين وهما $[x^2]$ ، $[y^2]$ يدلان على جذور معادلتى الدرجة الثانية والثالثة . وهاك كيفية استعمال هذا النموذج .

لحل المعادلة $x^3 + y^3 + m x + n y = 0$ فيها المعلومين $m = 7$ ، $n = 6$ ، $x = 6$ ، $y = 6$.

فلنعرف الجذر الموجب لهذه المعادلة يكفي أن نأخذ نقطة تقاطع هذا المنحنى $[x^2]$ بنحيط دقيق يمتد من رقم $7 -$ في المقياس $[m]$ إلى نقطة رقم $6 -$ في المقياس $[y]$ فترسم بنقطة التقاطع وهو 3 وهو الجذر الموجب لهذه المعادلة .

(١) تعريف الأشكال التناظرية : إذا كان في أحد الشكلين لكل مستقيم حتماً اتفق تناظره نقطة في الشكل الآخر قال هذين الشكلين متناظرين بشرط أن أربع مستقيمت حتماً اتفق متلاقية في نقطة واحدة في أحد الشكلين بتناظرها في الشكل الآخر الأربع نقط المناظرة على استقامة واحدة وأن تسارى النسبة الأنامورفيكية للأربع مستقيمت نظيرها التابعة للأربع نقط المذكورة .

ولمعرفة جذريها السالين نبدل $س$ بالحرف $هـ$ — $س$ فننتج لنا المعادلة
 $س^٣ - ٧س + ٦ = ٠$ وفيها $٢ = -٧$ و $٦ = ٦$ ونأخذ تقطعي تقابل
الخط [هـ] مع الخط المار بنقطتي -٦ و ٧ ينتج جذرا المعادلة السالين ١ و ٢
وكان ما ذكر عن المعادلة ذات الدرجة الثالثة ينطبق على المعادلة ذات الدرجة
الثانية وذلك بأخذ نقطة التقابل بل المنحنى [هـ] وإذا خرج المقداران المعلومان
 ٢ و ٦ من حدود النموغراف في هذا الشكل تستعمل القاعدة الآتية التي فيها يمكن
تصغير هذين المقدارين لإدخالهما في حدود هذا النموغراف وهي أن تستعص عن
 $س$ بالمقدار $ح$ $س$ في المعادلة المعتبرة من الدرجة الثالثة بأخذ مقدار المكرر $ح$
عددا صحيحا اختياريا وبقسمة كل من حدود هذه المعادلة على $ح$ فنأول هذه المعادلة
الى $س^٣ + \frac{٢}{٢}س + \frac{٦}{٣} = ٠$ ويكون مقدار $س = ح$ $س = ٠$
مثال ذلك : $س^٣ - ١٢س - ١٦ = ٠$
عوض عن $س$ بالمقدار ٢ $س$ باعتبار أن $ح = ٢$ واقسم الطرف الأول على
٨ تأول المعادلة الى $س^٣ - ٣س - ٢ = ٠$
وتحل بالنموغراف بأخذ $٣ - ٦$ و ٢ فينتج $س = ٢$ ويكون
مقدار $س = ٤$

(١) وقد أدخل الأستاذ دوكانى في علم النموغرافيا النظرية العامة للتحويل التناسبي

(١) تعريف الأشكال التناسبية . إذا كان في شكل نقطة ومستقيم حيثما اتفق يقابلهما بالتناظر نقطة
ومستقيم في شكل آخر يقال أن هذين الشكلين متناسبين بشرط أن النسبة الآمورفيكية لأربع نقط مأخوذة
على استقامة واحدة حيثما اتفق في أى شكل منهما متساوى النسبة الآمورفيكية للأربع نقط المقابلة لها
بالتناظر في الشكل الآخر . وكذلك بشرط أن تساوى النسبة الآمورفيكية لمجموعة أربع مستقيمات متقاطعة
في نقطة في أى شكل منهما لنظيرها التابعة لمجموعة الأربع مستقيمات المتقاطعة المقابلة بالتناظر للمجموعة
الأولى = النسبة الآمورفيكية لأربع نقط $ا، ب، ح، د$ موضوعة حيثما اتفق على مستقيم
ذى اتجاه متفق عليه خارج القسمة $\frac{ا}{ب} : \frac{د}{ح}$ ويرمز لها $(ا ب ح د)$. وإذا
كانت تساوى — $ا$ تقول الى النسبة التوافقية .

أشكلة : الشكلان اللذان أحدهما منظور للآخر متناسبان والأباكان الموضحان بالشكلين ٢١ و ٢٢
هما شكلان متناسبان .

(Transformation Homographique) لما لها من الأهمية العظمى في تطبيقها على نظرية الأباكات ذات المستقيمات المتلاقية والنموغرامات ذات الاستقامة الواحدة السابق شرحها للبحث عن وضع جيد ومناسب لأى أباك أو نموغرام من نوع الأباكات والنموغرامات المذكورة . ويمكننا أيضا بواسطة هذا التحويل وضع الصورة العامة لمعادلة الأباكات والنموغرامات التناسبية ذات العدد النهائي .

فصيالة النموغرامات التناسبية ذات الاستقامة الواحدة : التى عددها .
لأنهاى تحصل على هذه الفصيالة بتطبيق نظرية التحويل التناسبي لفرض أنه وضعنا معادلة مقترحة $d = 321$. بقلب المحدد $= 0$ ، الذى هو الشرط الذى إذا تحقق تكون هذه المعادلة قابلة التمثيل بنوع النموغرام ذى الاستقامة الواحدة .
لذلك يكفى لنا أن نضرب هذا المحدد بالمحدد الآخر .

$$\left\{ \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \end{array} \right\} = 0 \quad \text{حيث } 1, 2, 3 \text{ لـ } (1, 2, 3 = 0) \text{ (لأجل } 1, 2, 3 = 0 \text{)}$$

هى تسعة برامترات اختيارية بحيث الشرط $0 \neq$. لكى ينتج لنا حاصل الضرب .
مع \times بصورة محدث ثالث مع من المرتبة الثالثة الذى هو فى الواقع المعادلة العامة .
لفصيالة النموغرامات التناسبية ذات العدد الاثنائى الممثل كل واحد منها للمعادلة المقترحة $d = 321$. المفروضة قابلة الوضع بقلب المحدد $= 0$.

وقد يلاحظ حسب خاصية التحويل التناسبي أنه إذا أراد إنشاء نموغرام .
ذى استقامة واحدة تناسبي لنموغرام من نوعه يمكن أن نختار أربعة نقط للنموغرام .
المراد إنشاءؤه . والأوفى أن نأخذ هذه الأربع نقط المقابلة للقادير المحدودة (ب ، ح) .
لمقادير المتغيرين (ب ، ح) . المعبرين غير معلقين ونوضع هذه الأربع نقط فى رؤوس .
مستطيل فنحصل فى كل الأحوال على وضع جيد ومناسب للنموغرام .

هذه الخاصة تستعمل للبحث على أحسن وأوفق أباك ونموجرام. وبمناسبة ذلك أذكر لحضراتكم طريقة هندسية للحاضر لهذا البحث تجددونها مشروحة في مجلد جلسات أعمال مؤتمر تولوز لجمعية تقدم العلوم الفرنسية بباريس سنة ١٩١٠، وأيضا في الطبعة الأخيرة سنة ١٩٢١ في المجلد الوافي للمسيو دوكانى في علم النموغرافيا^(١). وهذه الطريقة مؤسسة على التحويل الهومولوجى (التناسي) (Homologie).

مزايا النموغرامات ذات الاستقامة الواحدة : تفضل هذه النموغرامات على أبكات للخطوط المتلاقية لما فيها من ميزة سهولة الاستعمال وذلك (أولا) لأنه يلزم في الأباك لقرائه أرقام الخطوط أن تتبع كل من الخطوط المتلاقية في المسافة بين نقطة التلاق والنقطة التي بجانبها مبين رقم الخط ينتج من ذلك تعب النظر . (ثانيا) التقدير الذهني بين الخطوط المرسومة في الأباك والخطوط الغير المرسومة . (ثالثا) المقابلة للأرقام المتوسطة يتطلب التفات نظر صعب من الذى يلزم لقراءة رقم التدرج في المقاييس المنحنية للنموجرام . (رابعا) نضطر لتجزئة الأباك أن تنشأ الأباكات الجزئية على ألواح منفصلة عن بعضها . والنموجرام له أيضا ميزة التأكيد من عدم وقوع أى خطأ ويسمح بسهولة تغيير المعلومات والنتائج تبعا لبعضها وأيضا استعمال منحني منشأ عليه مقياسين ملتصقين ومجاورين خاصين لتغييرين .

وقد توجد طرق مختلفة للبيان النموغرافى للمعادلات أبسطها وأحسنها كما شرحناه بعاليه هى طريقة المسيو دوكانى لنقط ذات الاستقامة الواحدة فانه يشق منها طرق متنوعة تؤدي الى الغرض المطلوب لحل المعادلات ذات عدة متغيرات .

وضع الأستاذ دوكانى علم النموغرافيا في سنة ١٨٩١ لبيان النموغرافى على سطح مستو للنواميس أو القوانين الرياضية المبينة بالمعادلات ذات عدة متغيرات كما وضع العالم العظيم الفرنسى مونتج مؤسس المجمع العلمى المصرى علم الهندسة الوصفية الذى

يمكن بواسطته بيان وإيضاح جميع أشكال الأجسام الطبيعية ذات الأبعاد الثلاثة في الفراغ برسم موضح على سطح مستو .

وقد خطط الأستاذ دوكاني وحصر لأول مرة في السنة المذكورة القواعد الأساسية لعلم النوغرافيا ونشر جملة مؤلفات في هذا العلم نذكر منها الطبعة السابق ذكرها من كتابه الوافي سنة ١٩٢١ حيث شرح الطرق النوغرافيا الأكثر استعمالا المختصة لكافة الأباكات والنوغمات ، وكيفية استعمالها وتطبيقها على الأعمال الحسابية التي تصادفها في الأشغال العملية المعتادة في كافة الفنون الهندسية^(١) .

وقد درج علم النوغرافيا في سنة ١٩٠٠ في برنامج تعليم الرياضيات في كثير من المدارس الفنية في أوروبا وأمريكا وأسيا واتسع نطاقه إتساعا عظيما وقد شاعت الطريقة النوغرافية للنقط التي على استقامة واحدة للاستاذ دوكاني وأصبحت بلا منازع أحسن وأبسط الطرق المختلفة للبان النوغرافي وهي الآن مستعملة عند الفنيين من كل اختصاص ، وقد كثر العمل بهذه الطريقة حيث تدعو الظروف الى سرعة الحسابين كما في تعديل سير السفن وفي المدفعية والطيران والأعمال الحربية والمالية والتأمين والملاحة وتوازن العمارات والإنشاءات الحديدية وبالحرسنة المسلحة والرى والأيدرولكة والجودوزيا وأعمال عملية تقدير عملي الحفر والردم وحل المثلثات الكروية وتصرف الترع والمواسير وحسابات مقاومة المواد وعلم البيولوجيا وتعيين القوانين التجارية وغيرها .

(١) ألفت نظره حضراتكم الى المجلد الصغير السابق ذكره للحساب الجرافيكى والنوغرافيا للسيد دوكاني حيث يشتمل على جزئين : أولهما علم الحساب التخطيطي . والثاني علم النوغرافيا حيث جمع المؤلف بشكل مقتضب الأجزاء الأصلية لهذا العلم وقد تجددت باطلاعكم على الجزء الأول طرق متقنة للفقير في حل المعادلات ذات عدة مجاهيل من الدرجة الأولى ، وباطلاعكم أيضا على الجزء الثاني من هذا الباب ، وعلى المجلد الوافي في علم النوغرافيا تجدون فيه مباحث جديدة متواضعة في نظرية وإنشاء النوغرامات وطرق لرسم المنحنيات المبينة بمعادلات ذات عوامل أو برامترات عديدة متغيرة والتي تصادف في أعمال الفنيين وتجدر أيضا طريقة الهمولوجيا للفقير للبحث عن أحسن نوغرام يمثل للعادلة .

ولأجل إعطاء فكرة ناطقة في سرعة الطرق النموغرافية في استعمالها أذكر إنشاء الطريق الكبير الذى يصل بين تناريف وموارنجا في جزيرة مدغشقر. يحتوى على ٢٧٥ ألف متر مكعب من الحفر والردم و٤٥ ألف متر مكعب من المباني فقد استطاع في سنة ١٨٩٨ اثنتان من المهندسين الحربيين الفرنسيين أن يعملوا التصميم الابتدائى اللازم في يومين فقط باستعمال الطريقة النموغرافية .

ولقد كان لهذا العلم شأن عظيم في الحرب الدولية الأخيرة من جهة المنافع التى نجت عن تطبيقه على علم فى المدفعية والطيران، وبمناسبة ذلك نذكر أنه في أثناء هذه الحرب كلفت وزارة حربية فرنسا الأستاذ دوكانى تنظيم وإدارة قسم النموغرافيا التطبيقية على الأساليب المتنوعة المختصة بفنى الطيران والمدفعية (أى تعيين معالم ضرب النار والنهاية العظمى لسرعة القنبلة وزاوية ميل المدفع لإطلاق النار وغيره) وفن الطيران (أى تعيين المدة اللازمة لصعود الطائرة والنقل الكلى الممكن نقله بها وغير ذلك) . وقد اشتغل بعض ضباط الحلفاء في أعمال هذا القسم تحت إشراف المسيو دوكانى .



كل طبع "محاضرة تبسيط الحساب بالطرق الآلية والتخطيطية"

بمطبعة دار الكتب المصرية في يوم الثلاثاء ١٩ ربيع الأول سنة ١٣٥٨

(٩ مايو سنة ١٩٣٩) م

محمد نديم

ملاحظ المطبعة بدار الكتب

المصرية

